

**Die subjektive Interferenz von Zeit und Raum.  
Entwicklungspsychologische Studien zum Tau- und Kappa-Effekt.**

Abhandlung  
zur Erlangung der Doktorwürde  
der Philosophischen Fakultät  
der Universität Zürich

Vorgelegt von  
**Marcello Indino**  
von Zürich

Angenommen im HS 2009 auf Antrag von  
Herrn Prof. Dr. Friedrich Wilkening  
Herrn Prof. Dr. Mike Martin

Zürich, im August 2009

## **Abriss**

Fragen nach Raum und Zeit sind für den Menschen zentral, denn sein Leben vollzieht sich in diesen Dimensionen, so dass sich auch sein Denken in Begriffen vollzieht, die von Raum und Zeit geprägt sind. Nachdem aber dahingehende Fragen seit jeher ausschliesslich der Philosophie vorbehalten waren, konnte Vittorio Benussi Anfangs des 20. Jahrhunderts erste empirische Belege für die Interferenz von Raum und Zeit erbringen. Was später unter dem Begriff Tau-Effekt bekannt wurde, umschreibt den Einfluss einer Zeitinformation auf einen räumlichen Abstand. Der vermeintlich gegenteilige Kappa-Effekt entspricht wiederum dem Einfluss einer Rauminformation auf ein zeitliches Intervall. In den unzähligen Untersuchungen zu beiden Effekten wurde oft die Hypothese aufgestellt, dass beiden Phänomenen die Wahrnehmung einer Scheinbewegung zu Grunde liege – bis heute blieb diese Vermutung aber unbestätigt.

Um die vermeintliche Rolle von Bewegung, als Brücke zwischen der Raum- und der Zeitdimension, zu erforschen, wurden insgesamt 500 Versuchspersonen verschiedener Altersklassen untersucht. Mittels variierenden visuellen und akustischen Reizen wurden verschiedenste Bedingungen mit unterschiedlichem Grad an Bewegungsinduzierung geschaffen, um so die Modellierbarkeit der Effekte zu quantifizieren. Hierfür wurde beispielsweise das Wissen der Probanden über Schwerkraft nutzbar gemacht oder durch akustische Signale geschwindigkeitsbezogene Assoziationen evoziert, wobei das Ausmass an Bewegungsinduzierung in den Instruktionen durch verschiedene Metaphern zusätzlich beeinflusst wurde. Ebenso sollte die zusätzliche Variation der Antwortformate Rückschlüsse auf den altersabhängigen Einfluss methodischer Versuchsparametern erlauben.

Die Ergebnisse liefern einen facettenreichen Einblick in die gegenseitige Interferenz von Raum und Zeit, wenn auch der vermeintliche Einfluss von Scheinbewegungen noch nicht vollends belegt respektive widerlegt werden konnte. Nichtsdestotrotz ergaben sich entwicklungspsychologische Befunde im Bereich des vermeintlichen Primates visueller Signale, im Kontext so genannter Aufgabendissoziationen oder bezüglich der gegenseitigen Transferierbarkeit beider Dimensionen, die weitere Forschung auf diesem Gebiet lohnenswert machen.

## **Abstract**

For human beings, questions about time and space are crucial since their life takes place within this dimension, and so their reasoning operates likewise within terms shaped by time and space. After these topics were for a long period only reserved for philosophical disciplines, Vittorio Benussi could provide first empirical evidences in the beginning of the 20th century for the interference of both dimensions. What later was labelled the Tau-Effect circumscribes the influence of a temporal information onto a spatial distance. The pretended obverse Kappa-Effect refers in turn to the influence of a spatial information onto a temporal interval. In the innumerable studies about these two effects, the hypothesis was often nominated, that both phenomenons are based on the perception of an apparent motion – to this day, this hypothesis is still unconfirmed.

In order to explore the supposed role of motion, thought as a bridge between the temporal and the spatial information, a total of 500 persons from different age classes were tested. By means of varying visual and acoustic stimuli, different conditions with varying degrees of motion-induction were created, in order to quantify the sculptability of the effects. This was done, for example, by exploiting the knowledge of the participants about the force of gravity, by evoking different speed-related associations with help of acoustical signals, or by using a versatile set of motion-metaphors in the instruction. Likewise, the variation of the response formats ought to furnish additional conclusions about the age-related influence of methodological parameters.

The results deliver a manifold insight in the mutual inference of time and space, even if the assumed influence of apparent motion is not completely proved or disproved. Nevertheless, a whole range of finding in the domain of developmental psychology, like the primacy of visual signals over acoustic one in the context of task dissociations or the mutual transferability of the two dimension were found, making further research into this domain worthwhile.

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1. EINLEITUNG</b>	<b>10</b>
1.1. Fragestellung und Leitfaden	10
1.2. Gedanken zu Raum und Zeit	13
<b>2. THEORIE</b>	<b>16</b>
2.1. Raum und Zeit bei Vittorio Benussi	16
2.1.1. Psychische Präsenzzeit	16
2.1.2. Phänomenologische Bewegungen	19
2.2. Interferenz von Raum und Zeit	21
2.2.1. Kategorisierung relevanter Forschung	22
2.2.2. Die ‚Imputed Velocity Hypothesis‘	24
2.2.3. Die positiven und negativen Zeitfehler	30
2.2.4. Unter- und Obergrenze der Effekte	34
2.3. Wissen über physikalische Kräfte	38
2.3.1. Impetus versus Gravitation	39
2.3.2. Senkrechte Darbietung	42
2.4. Methododische Implikationen	43
<b>3. METHODISCHE EINFÜHRUNG</b>	<b>47</b>
3.1. Technische Angaben und Versuchsanordnung	47
3.2. Beschaffenheit der Stimuli	48
3.3. Variation der Antwortformate	52
3.3.1. Digitale Antwortskala (Versuchsreihe A)	48
3.3.2. Antwortskala auf Papier (Versuchsreihe B)	49

3.3.3. Antwort per Tastendruck (Versuchsreihe C)	50
3.4. Faktorielle Kombinationen und zeitliche Abfolge	54
3.5. Statistische Hintergrundinformationen	58
<b>4. VERSUCHSREIHE A : DIGITALE SKALA</b>	<b>63</b>
4.1. Vorversuch 1.1. (Tau-Effekt): <i>Vierfache Variation der Bewegungsinduzierung bei Erwachsenen</i>	59
4.1.1. Methode	64
4.1.2. Resultate	67
4.1.3. Diskussion	77
4.2. Vorversuch 1.2. (Kappa-Effekt): <i>Vierfache Variation der Bewegungsinduzierung bei Erwachsenen</i>	76
4.2.1. Methode	82
4.2.2. Resultate	83
4.2.3. Diskussion	87
4.3. Vorversuch 1.3. (Tau-Effekt): <i>Zweifache Variation der Bewegungsinduzierung bei Kindern</i>	85
4.3.1. Methode	91
4.3.2. Resultate	92
4.3.3. Diskussion	98
4.4. Fazit der Vorversuche	101
4.5. Experiment 1.1. (Tau-Effekt): <i>Sechsfache Variation der Bewegungsinduzierung ohne Ansage bei Erwachsenen</i>	98
4.5.1. Methode	104
4.5.2. Resultate	110

4.5.3. Diskussion	126
4.6. Experiment 1.2. (Tau-Effekt):	
<i>Vierfache Variation der Bewegungsinduzierung mit Ansage bei Erwachsenen</i>	122
4.6.1. Methode	130
4.6.2. Resultate	131
4.6.3. Diskussion	138
4.7. Experiment 1.3. (Kappa-Effekt):	
<i>Vierfache Variation der Bewegungsinduzierung ohne Ansage bei Erwachsenen</i>	134
4.7.1. Methode	142
4.7.2. Resultate	144
4.7.3. Diskussion	152
4.8. Experiment 1.4. (Lerneffekte):	
<i>Dreimalige Erhebung im Rahmen beider Effekte bei Erwachsenen</i>	146
4.8.1. Methode	154
4.8.2. Resultate	155
4.8.3. Diskussion	158
4.9. Fazit von Versuchsreihe A	159
<b>5. VERSUCHSREIHE B: ANTWORTSKALA AUF PAPIER</b>	<b>162</b>
5.1. Experiment 2.1. (Kappa-Effekt im Entwicklungsverlauf):	
<i>Zweifache Variation der Bewegungsinduzierung, fixer Skalennullpunkt</i>	155
5.1.1. Methode	164
5.1.2. Resultate	165
5.2. Experiment 2.2. (Kappa-Effekt im Entwicklungsverlauf):	
<i>Zweifache Variation der Bewegungsinduzierung, flexibler Skalennullpunkt</i>	161

5.2.1.	Methode	171
5.2.2.	Resultate	172
5.3.	Experiment 2.3. (Tau-Effekt im Entwicklungsverlauf): <i>Zweifache Variation der Bewegungsinduzierung, fixer Skalennullpunkt</i>	167
5.3.1.	Methode	177
5.3.2.	Resultate	178
5.4.	Experiment 2.4. (Tau-Effekt im Entwicklungsverlauf): <i>Zweifache Variation der Bewegungsinduzierung, flexibler Skalennullpunkt</i>	172
5.4.1.	Methode	182
5.4.2.	Resultate	183
5.5.	Allgemeine Diskussion Versuchsreihe B	189
<b>6.</b>	<b>VERSUCHSREIHE C: ANTWORT MITTELS TASTE</b>	<b>195</b>
6.1.	Experiment 3.1. (Kappa-Effekt): <i>Vierfache Variation der Bewegungsinduzierung bei Erwachsenen</i>	186
6.1.1.	Methode	197
6.1.2.	Resultate	198
6.2.	Experiment 3.2. (Tau-Effekt): <i>Vierfache Variation der Bewegungsinduzierung bei Erwachsenen</i>	193
6.2.1.	Methode	204
6.2.2.	Resultate	205
6.3.	Diskussion der Experimente 3.1. und 3.2.	209
6.4.	Experiment 3.3. (Kappa-Effekt): <i>Zweifache Variation der Bewegungsinduzierung bei Kindern</i>	202
6.4.1.	Methode	213

6.4.2. Resultate	213
6.4.3. Diskussion	216
<b>7. ZUSAMMENFASSUNG, FAZIT UND AUSBLICK</b>	<b>219</b>
7.1. Versuchsreihe A	220
7.1.1. Vorversuche 1.1. bis 1.3.	221
7.1.2. Experimente 1.1. bis 1.4.	223
7.2. Versuchsreihe B und Versuchsreihe C	225
7.3. Schlusswort und Ausblick	227
<b>8. LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>230</b>



So bin ich prinzipiell nicht gegen eine physiologische Erklärung psychischer Erlebnisse, denn ich bin prinzipiell für die Gewinnung einer Erklärung dieser Erlebnisse überhaupt, ich muss aber dagegen Stellung nehmen, dass man eine Übersetzung ins Physiologische für eine Erklärung des Psychischen ansehe.

*Vittorio Benussi (1878-1927)*

## **1. EINLEITUNG**

### **1.1. Fragestellung und Leitfaden**

Fragen zu Raum und Zeit beschäftigen den Menschen seit jeher, denn er ist beiden Dimensionen quasi ausgeliefert. Sein Leben vollzieht sich in Raum und Zeit, dadurch ist auch sein Denken von Kategorien geprägt, die von Raum und Zeit bestimmt sind. Dasselbe gilt auch für die Forschungstätigkeit von Vittorio Benussi (1878–1927), die den Grundstein der vorliegenden Arbeit bildet. Der italienische Psychologe konnte als erster experimentell nachweisen, dass Raum und Zeit auf phänomenologischer Ebene interferieren.

Namentlich kann ein gegebener räumlicher Abstand zwischen zwei visuellen, akustischen oder haptischen Reizen grösser oder kleiner erscheinen, je nachdem ob das entsprechende zeitliche Darbietungsintervall zwischen den zwei Reizen vergrössert, beziehungsweise verkleinert wird. Dasselbe gilt für das zeitliche Intervall, das in Abhängigkeit vom räumlichen Abstand ebenfalls länger oder kürzer erscheinen kann, als es in Wirklichkeit ist. Diese Wahrnehmungsphänomene werden Tau-, respektiv Kappa-Effekt bezeichnet.

In der Literatur wurde die Wahrnehmung einer Scheinbewegung am häufigsten als Grund für das Auftreten der Effekte vermutet. Demnach entstehen die beschriebenen Phänomene, weil der erste Reiz den Eindruck erwecke sich in Richtung des zweiten Reizes zu bewegen. Diese viel genannte, aber nur wenig untersuchte Hypothese bildet den Kern der vorliegenden Arbeit. Namentlich soll durch die systematische Variation induzierter Bewegung getestet werden, ob dadurch das Ausmass der Effekte beeinflusst wird.

Hierbei werden beide Phänomene erstmals mittels derselben Methode untersucht, was die bisher fehlende, direkte Vergleichbarkeit der Effekte gewährleistet. Ebenso erlaubt das zur Anwendung kommende Funktionale Messen eine Quantifizierung der internalen Repräsentation von Raum und Zeit sowie die Ermittlung derer kognitiven, algebraischen Verknüpfung. Hierbei wird ein entwicklungspsychologischer Zugang gewählt, der Hinweise zur Genese beider Effekte liefern könnte.



Wie einleitend gesagt, haben die Arbeiten Vittorio Benussis in experimentalpsychologischer Hinsicht den Grundstein für die Erforschung der Interferenz

von Raum und Zeit gelegt. Im ersten Teil des Kapitels ‚Theorie‘ wird diesem Umstand Rechnung getragen und jene Fragmente seiner überaus umfangreichen Arbeit näher erläutert, die für die vorliegenden Studien von besonderer Relevanz sind. Die von Vittorio Benussi inspirierte Forschung ist breit gefächert, bedient sich verschiedenster Methoden, untersucht alle menschlichen Wahrnehmungssinne und nutzt eine Vielfalt theoretischer Modelle. Im Subkapitel ‚Interferenz von Raum und Zeit‘ werden, nach einem allgemeinen Überblick der Literatur und einem Versuch diese zu kategorisieren, jene Arbeiten näher erläutert, die für die vorliegenden Studien von besonderer Bedeutung sind.

Ziel wird es hierbei sein, methodische Implikationen zu sammeln, die eine Auswirkung auf die eigene Untersuchung haben und auf diesem Wege Argumente zusammenzutragen, die für die hier gewählte Untersuchungsform sprechen. Faktisch gilt es also, Methodenkritik zu üben. In diesem Sinne wird das Kapitel ‚Theorie‘ mit einem methodengeleiteten Fazit schliessen und so die Brücke zum nächsten Teil der Arbeit bilden. Dies selbstverständlich nicht ohne zuvor eine Präzisierung der Grundfragestellungen geliefert zu haben.

Das Kapitel ‚Empirie‘ wird mit der Vorstellung der Versuchsanordnung eröffnet, die allen Experimenten zugrunde liegen wird. Die einzelnen Versuche werden dann in jeweils drei Schritten vorgestellt. Jedes Experiment wird mit der spezifischen Fragestellung eingeführt, die sich aus dem jeweils vorangehenden Experiment ergibt. Danach werden die entsprechenden methodischen Variationen erläutert. Nach der Darstellung der Resultate werden diese, wo nicht anders gesagt, für jedes Experiment einzeln diskutiert, so dass zum nächsten Experiment, also der nächsten spezifischen Fragestellung, übergegangen werden kann. Erst im jeweils abschliessenden Kapitel werden die einzelnen Befunde nochmals aufgegriffen und im Sinne eines Fazits summarisch diskutiert. Hierbei wird der Fokus vor allem auf zwei Punkte gerichtet sein: Einerseits gilt es die Resultate der zwei Altersgruppen zu vergleichen, andererseits sollen innerhalb der einzelnen Altersgruppe auch die verschiedenen Methoden gegenübergestellt werden. Die vorliegende Arbeit wird dann mit einem Ausblick auf noch offen gebliebene Forschungsfragen schliessen.



Voralledem konnte aber der Versuchung nicht widerstanden werden, Raum und Zeit aus der Perspektive anderer Disziplinen zu betrachten um auf diesem interdisziplinären Weg einen Eindruck der vermeintlichen Unendlichkeit beider Dimensionen zu vermitteln. Der Form einer Sanduhr gleich, die sinnigerweise durch räumliche Verschiebung ihres Inhaltes die Zeit anzuzeigen vermag, soll also vom Allgemeinen durch das Nadelöhr des Speziellen – der Empirie – wieder der Weg ins Allgemeine gesucht werden.



## 1.2. Gedanken zu Raum und Zeit

Die Bekanntheit des griechischen Philosophen Zenon aus Elea, der etwa ein halbes Jahrtausend vor Christus gelebt hat, beruht auf dessen vier so genannter *Paradoxien der Bewegung* (Ferber, 1995). Die wohl berühmteste ist jene von Achilles und der Schildkröte, die sich ein anscheinend ungleiches Rennen liefern. Da Achilles hundertmal schneller rennen kann als seine Kontrahentin, gewährt er ihr siegessicher einen Vorsprung von hundert Fuss. Das Paradoxon besagt nun, dass Achilles die Schildkröte nie vollends einholen kann, da diese immer ein Hundertstel der Wegstrecke des Achilles vorangekommen sein wird, sobald er ihren vorangehenden Standpunkt erreicht hat. Der Abstand zwischen den beiden wird zwar bald schwindend klein, dieser hundertfache Bruchteil bleibe aber gemäss Zenon aus Elea indes immerzu bestehen. Ferber (1995) übersetzt dessen authentischen Wortlaut wie folgt:

Das zweite [Argument] ist der so genannte Achilles: Dieses besteht darin, dass das Langsamste, das läuft, vom Schnellsten niemals eingeholt wird; denn notwendig kommt das Verfolgende zuerst dort an, woher das Fliehende aufgebrochen ist, so dass das Langsamere immer etwas voraus sein wird. (S. 8)

Historisch wird die Auflösung dieses Paradoxon Aristoteles zugeschrieben (Schramm, 1962). Es lässt sich aber rechnerisch auch durch die so genannte Infinitesimalmathematik widerlegen (Kaiser & Nöbauer, 2002). Zu erkennen ist, dass sich neben dem Raum auch die Zeit in unendlich viele Teile, mit endlicher Summe, aufgliedern lässt. Der Widersinn löst sich also erst auf, wenn sowohl die räumliche als auch die zeitliche Dimension gleichermassen beachtet werden – denn Bewegung impliziert immer beides, sowohl Raum als auch Zeit. Dies trifft auch im Falle des Paradoxon von Achilles und der Schildkröte zu, obwohl darin vordergründig nur der Abstand zwischen den beiden, die räumliche Dimension also, problematisiert wird.

Damit sind bereits die wichtigsten Punkte genannt, die in der vorliegenden Arbeit aus psychophysikalischer und entwicklungspsychologischer Perspektive theoretisch durchleuchtet und empirisch untersucht werden. Im Fokus steht neben *dem* Raum und *der* Zeit auch das Zusammenspiel *beider* Dimensionen, wobei die Rolle der Bewegung als verbindendes Element zentral sein wird. Anders als in der geschilderten Paradoxie werden aber hier experimentelle Situationen geschaffen, die eine analytische Beachtung von jeweils Raum *oder* Zeit, anstelle einer holistischen Beachtung von Raum *und* Zeit fordern.

Wie einleitend bereits festgehalten, sind Fragen nach Raum und Zeit für den Menschen zentral. Sein Leben vollzieht sich in diesen Dimensionen, so dass sich auch sein Denken in Begriffen vollzieht, die von Raum und Zeit geprägt sind (Gosztonyi, 1976). Fragen nach Raum und Zeit betreffen deren Distinktheit, deren Kontinuität und deren Interferenz. So gibt es unzählige Theorien und Modelle, die sich mit jeweils einer der beiden Dimensionen, mit beiden Dimensionen gleichzeitig oder mit beiden Dimensionen ‚als das Gleiche‘ auseinandersetzen. Namentlich wurden Raum und Zeit durch die Einstein’sche Beziehung ineinander umwandelbar – Raum wurde zu Zeit, so wie umgekehrt auch Zeit zu Raum wurde (Fritzsche et al., 2005).

Um sich die angesprochene Umwandelbarkeit von Raum zu Zeit vorstellen zu können, sind jedoch keine Kenntnisse der Quantenphysik notwendig. So sind Belege für (zumindest asymmetrische) Transformationen auch in der alltäglichen Umgangssprache beobachtbar. Bereits ab der frühen Kindheit werden zeitliche Sachverhalte oft mithilfe räumlicher Metaphern ausgedrückt, nicht aber umgekehrt (Clark, 1973). Bildlich gesprochen *schieben* wir sowohl ein Hindernis um drei *Meter* nach *hinten*, als auch eine Sitzung um drei *Stunden* nach *vorne*.

Gleichzeitig muss aber, aus linguistischer Perspektive, die Vergangenheit nicht zwangsläufig immer hinter und die Zukunft zwangsläufig immer vor uns zu liegen kommen. So beobachtete der amerikanische Sprachwissenschaftler Charles Fillmore zwei gegensätzliche, räumliche Organisationsweisen zeitgebundener Äusserungen. Wir können uns, nota-bene in beiden Fällen zukunftsbezogen, sowohl auf die Ferienwochen *vor* uns, also auch auf die *folgenden* Ferienwochen freuen. Dass beide Äusserungsformen nicht nur an sich unwidersprüchlich sind, sondern auch gleichzeitig gegensatzfrei verwendet werden können, zeigt sich im Englischen sogar noch deutlicher: „*We’re looking ahead to the following weeks*“ (Lakoff & Johnson, 1980, S. 468). Hierbei scheint für einmal die zeitliche Dimension die Form eines Moebiusbandes anzunehmen, das klassischerweise ein räumliches Phänomen darstellt.

Bezüglich der Vielfalt an Diskursen zu Zeit und Raum postulieren Wade und Heller (1997), dass die Evolution der Psychologie als eine unabhängige Wissenschaft mit genau diesen Fragen zusammenhängt. So sei die Loslösung mancher Wissenschaftler von klassischerweise philosophischen Denkmodellen durch deren Willen zur empirischen Untersuchung von Raum und Zeit vorangetrieben worden.

Dieser Prozess sei einerseits auf die Erfindung von Instrumenten zur präzisen Darbietung von Stimuli zurückzuführen. Als Beispiel sei das Stroboskop, das die Zeit und den Raum gleichzeitig variiert oder das Stereoskop sowie das Chronoskop genannt, die der Untersuchung von nur je einer Dimension dienen.<sup>1</sup> Andererseits sei, um auf das Postulat von Wade und Heller (1997) zurückzukommen, dieser Prozess durch die Entwicklung psychophysikalischer Methoden vorangetrieben worden, die wiederum eine Quantifizierung ebendieser kontrollierten Stimulation ermöglichen. Als Paradebeispiele sind hierbei sicherlich die Arbeiten von Fechner (1860) oder von Weber (1846) zu nennen.

Eine sicherlich streitbare Ansicht, deren Plausibilität aber zum Anlass genommen wird, die folgende Rückblende zum raumzeitlichen Diskurs um mehrere Tausend Jahre auf nunmehr das letzte Jahrhundert zu reduzieren. In diesem Sinne wird Ebbinghaus (1908) Recht gegeben, wonach die Psychologie eine lange Vergangenheit, gleichzeitig aber eine nur kurze Geschichte habe.

---

<sup>1</sup> Hierbei mag es wohl nicht erstaunen, dass die meisten Erfinder solcher Apparaturen, wie etwa Joseph Antoine Ferdinand Plateau (1801-1883) oder Charles Wheatstone (1802-1875), Physiker und nicht etwa Psychologen waren (Albrecht & Gundlach, 1997).

## **2. THEORIE**

### **2.1. Raum und Zeit bei Vittorio Benussi**

Die Hauptinteressen der um 1900 von Alexius Meinong (1853-1920) gegründeten Grazer Schule lagen bei gegenstands- und gestalttheoretischen Inhalten. Postuliert wurde von ihren Vertretern, dass diese philosophischen Themen mit naturwissenschaftlichen Methoden zu untersuchen seien (Stock & Stock, 1990). Dies entspricht also genau jener Denkrichtung, die nach Wade und Heller (1997) schlussendlich zur Etablierung der Psychologie als eigenständige Wissenschaft geführt habe. Der von Boring (1950, S. 442) als „most productive and efficient psychologist that Austria ever had“ bezeichnete Vittorio Benussi (1878-1927) ist der vielleicht namhafteste Vertreter der Grazer Schule (Cataruzza, 1999). Mit ihm sind Namen wie Cesare Musatti (1897-1989), dem Begründer der Italienischen Psychoanalyse, oder auch Gaetano Kanisza (1913-1993), Namensgeber von Figuren mit Scheinkonturen, verbunden (Lombardo & Foschi, 1997). Antonelli (2002a) betrachtet das Werk Benussis als „Klassiker der Psychologie [...], dessen Modernität erst in der heutigen Zeit erkannt werden kann“ (S. xiii). Und mit seinen Untersuchungen zum Konzept der psychischen Präsenzzeit nach Stern (1897), auf das weiter unten näher eingegangen wird, hat sich Benussi in genau ebendieser Grauzone zwischen Geistes- und Naturwissenschaften bewegt (vgl., Albertazzi, 1999; Antonelli, 1994).

#### **2.1.1. Psychische Präsenzzeit**

Zu Beginn seiner akademischen Laufbahn beschäftigte sich Benussi mit rein raumbezogenen Wahrnehmungsphänomenen. Namentlich zuerst mit der Zöllnerschen Zerrfigur (Dissertationsschrift von 1902), dann mit der Müller-Lyerschen Figur (Habilitationsschrift von 1904). Später öffnete er sein Forschungsspektrum in einer Reihe kurzer Aufsätze hin zur Zeitwahrnehmung (Benussi, 1907, 1908, 1909). Albertazzi hält aber fest, dass „the temporal structure [...] of the presentation is analysed in all his works, even the earliest one on optical illusions“ (2001, S. 112; vgl., Antonelli, 2002b, S. xii).

Eine konkrete Brücke zwischen Zeit und Raum schlägt Benussi zeitgleich mit dem Begründer der Gestaltpsychologie, Maximilian Wertheimer (1880-1943). Ohne gegenseitige Bezugnahme untersuchen beide die Wahrnehmung stroboskopischer, respektiv scheinbarer Bewegungen (Benussi, 1912; Wertheimer, 1912). Die heutzutage als Phi-Phänomen bekannte Wahrnehmungstäuschung tritt auf, wenn zwei an



verschiedenen Stellen dargebotenen Stimuli *zeitlich* dicht aufeinander folgen. Ist auch der *räumliche* Abstand adäquat gewählt, entsteht der Eindruck, dass sich nur ein Reiz wiederholte Male von der einen zur anderen Stelle bewege (vgl., Anstis, 1970; Formann, 1966). Rein *quantitative* Variation von Raum und/oder Zeit führt also zu einem *qualitativ* neuartigen Empfinden, denn aus mehreren distinkten Ereignissen wird eine einzige, kontinuierliche Abfolge. Es entsteht quasi Gegenwärtigkeit, oder wie es Stern (1897) eben nannte, „Psychische Präsenzzeit“ (S. 325). Diese stellt für Albertazzi (2001) den zeitlichen Aspekt des Bewusstseins dar und spricht ihr eine zentrale Rolle in allen Schriften der Grazer Schule zu, auch den scheinbar rein gestaltpsychologischen. Die Form, die Gestalt, das Seiende wird im pragmatischen Hier und Jetzt erfasst. Phänomenologisch vermag dieses gegenwärtige Erfassen einen punktförmigen Charakter haben, es muss aber durchaus nicht ausdehnungslos sein. Diesem *specious present* (Clay, 1882) schrieb James (1890) eine Ganzheitlichkeit zu, in der die Extremitäten, ergo dessen Anfang und dessen Ende, bereits enthalten sind (Metzinger, 2006). Der Augenblick kann also quasi eine Weile dauern – doch wie lange?

Neuropsychologische Studien mithilfe modernster Techniken sprechen der Gegenwart eine Dauer von zwei, maximal drei Sekunden zu (Pöppel, 1994). Diese Zeitspanne bildet den „Rahmen, innerhalb dem wir Informationen [...] zu einer Gestalt integrieren. Wenn der Rahmen gefüllt ist, dann wird ein Neuer bereitgestellt. [...] Wenn eine Gestalt gebildet wurde, dann wird diese uninteressant und es wird die Nächste gesucht [...]“ (Pöppel, 1993, S. 165; zit. nach Kornwachs, 2001). Die integrative, bindende Funktion dieses zeitlichen Rahmens umschreibt Pöppel (1997) andernorts wie folgt:

A mechanism of temporal integration binds successive events into perceptual units of 3 s duration. Such temporal integration, which is automatic [...], is also operative in movement control and other cognitive activities. Because of the omnipresence of this integration mechanism it is used for a pragmatic definition of the subjective present. (S. 56)

Zu diesem Schluss kam Vittorio Benussi bereits fast ein Jahrhundert vorher mittels Anwendung vergleichsweise einfacher, psychophysikalischer Methoden. Grund genug, sich etwas ausführlicher mit den Originalquellen auseinander zu setzen. Grundlage seiner *Psychologie der Zeitauffassung* von 1913 bilden die so genannten *absoluten Eindrücke*. Hierbei handelt es sich um Gegenstände, die eine „vergleichungsfreie Provenienz“ besitzen, wobei „jeder Gegenstand [...], für sich genommen, ohne Rücksicht auf einen anderen, einen bestimmten Eindruck [erweckt]“ (S. 9). Ein absoluter Eindruck wird gebildet, wenn ein bestimmter Reiz (beispielsweise eine Zeitdauer, die durch zwei Töne

begrenzt wird) ohne das Hinzuziehen eines Vergleichsreizes (in diesem Falle einer zweiten, akustisch begrenzten Zeitdauer) bewertet werden kann.

Solche absoluten Eindrücke entstehen beispielsweise bei so genannt *anschaulich* erfassten Gegenständen, wenn also „zur Charakterisierung der intellektuellen Erlebnisse, die beim Vergegenwärtigen eines Gegenstandes erforderlich sind, die Anführung blosser Vorstellungsvorgänge“ genügen (S. 11). Gemäss Benussi (1913) zeichnen sich

die *anschaulich erfassbaren Zeiten* [...] von den anderen dadurch aus, dass sie einen nahezu sinnfälligen Charakter aufweisen, so dass uns kein Teil der jeweils erfassten Zeitstrecken als erinnert, keiner als der Vergangenheit angehörig erscheint; sie lassen sich daraufhin kollektiv als *Gegenwart* bezeichnen. (S. 11)

Innerhalb dieser anschaulich erfassbaren – also gegenwärtigen – Zeit sind fünf absolute Impressionen bestimmbar: Die sehr kleine Zeitdauer beginnt bei 90 Millisekunden und hat ihre Obergrenze bei etwa einer Viertelsekunde; die sehr grosse Zeitdauer findet ihre Obergrenze hingegen, wie einleitend gesagt, bei etwas mehr als zwei Sekunden. Mit anderen Worten wird beispielsweise ein Ton mit einer Länge von 100 Millisekunden als *Gegenwart* betrachtet, die von *sehr kurzer Dauer* ist. Um dieses Urteil zu fällen, braucht es keinen Vergleichsreiz, weil die besagte Dauer einer *anschaulich erfassbaren Zeit* entspricht und somit eine *absolute Impression* hinterlässt. So konnte Benussi (1913) experimentell „nachweisen, dass es möglich ist, etwa die zwei Zeiten *a* und *b*, wenn sie auch beide absolut genommen zu den kleinen gehören, als verschieden gross richtig zu erkennen“ (S. 14). In der Terminologie Benussis ist die *Auffälligkeit* für die Kategorisierung der einzuschätzenden Dauer ausschlaggebend. Sind vor allem die Begrenzungstöne auffällig, wird die Dauer als kurz oder sehr kurz kategorisiert. „Sobald aber die grössere Auffälligkeit sich [von den Begrenzungstönen] auf die Zeitdauer verschiebt, wird die gegebene Zeit für uns eine lange oder sehr lange“ (Benussi, 1913, S. 37).

Die mittlere von fünf absoluten Impressionen wird von den so genannt *unbestimmten Zeiten* belegt, bei denen „das erlebende Subjekt sich sagen muss, es könne eine gegebene Zeit ebenso leicht und unbefriedigend als gross wie als klein bezeichnen“ (S. 12). Markieren die fünf absoluten Impressionen den Umfang der psychischen Präsenzzeit nach Stern (1897), so stellen die unbestimmten Zeiten deren Kern dar, nach Antonelli (2002b) also „die Gegenwart schlechthin“ (S. xviii). Neben der offensichtlichen *quantitativen Unterscheidbarkeit* der einzelnen Kategorien stellt diese mittlere Kategorie die *qualitative Trennlinie* zwischen den Kategorien ‚sehr kurz‘ und ‚kurz‘ auf der einen

sowie ‚lang‘ und ‚sehr lang‘ auf der anderen Seite dar. Benussi (1913) hält hierzu fest, dass

[...] beim Erfassen kurzer Zeiten eine mit deren Kürze zunehmende Analyseschwierigkeit der zwischen den Grenzen liegenden Zeitstrecken, sowie der beiden Grenzgeräusche selbst [vorliegt]; beim Erfassen langer Zeiten geht dagegen mit der Zunahme ihrer Länge eine Zunahme der Schwierigkeit zusammen, die zwei Grenzgeräusche als Grenzpunkte einer Strecke zusammenzufassen. Das was hier schwer fällt, ist also nicht die Analyse der Zeitstrecke aus dem erlebten Gesamteindruck, sondern die Synthese der zwei Grenzen zu einer innigen Zusammengehörigkeit. (S. 19)

Die Analyse von Zeiteinheiten die gar kürzer sind als 90 Millisekunden, ist wiederum gänzlich unmöglich (wir erinnern uns, dass dies der Untergrenze der ersten Kategorie entspricht). Zwei Reize innerhalb einer so kurzen Zeitspanne verschmelzen phänomenologisch zu einem einzelnen (Benussi, 1926; zit. nach Sinico, 1999, S. 83). Die Gegenwart beginnt also erst beim Analysierbaren und findet ihre Obergrenze beim kaum mehr Synthetisierbaren.

Ist die Gegenwart auf diese Weise empirisch definiert und quantifiziert, kann nun der eigentlichen Frage nachgegangen werden, denn nach Benussi (1913) hat „die Psychologie der Zeit [...] die Bedingungen [...] zu ermitteln, durch welche inneren Geschehnisse die verschiedenen Beziehungen zwischen subjektiver, erfasster und objektiver, tatsächlicher Zeit ermöglicht werden“ (S. 5f). Eine solche Beziehung sieht Vittorio Benussi in den so genannten *Scheinbewegungen*, also der Verzerrung zeitlicher Wahrnehmung aufgrund räumlicher Informationen – womit wir uns im Kern der vorliegenden Arbeit befinden.

### **2.1.2. Phänomenologische Bewegungen**

Wenn zwei optische Reize hintereinander an verschiedenen Stellen dargeboten werden, entsteht unter gewissen Bedingungen der Eindruck, dass sich der erste Reizpunkt zum zweiten hin bewegt hat. Das bereits angesprochene Phi-Phänomen stellt sozusagen die expliziteste Form solcher Scheinbewegungen dar, da diese Bewegung optisch tatsächlich wahrgenommen wird. Wird das zeitliche Intervall und/oder der räumliche Abstand aber vergrößert, verlagern sich Scheinbewegungen auf eine rein vorstellungsbezogene Ebene; man sieht die Bewegung nicht mehr, hat aber trotzdem den Eindruck, dass sie stattgefunden habe. Im Rahmen diesbezüglicher Untersuchungen hat Benussi (1916) eine

Entdeckung gemacht, die ihn selber erstaunt hat: „Als ich die Bearbeitung dieses zunächst so speziellen Gebietes [...] in Angriff nahm, glaubte ich kaum mehr theoretischen Gewinn [...] daraus ziehen zu können. Die geradezu unübersehbare Mannigfaltigkeit von Erscheinungen [...] hat mich eines Besseren belehrt“ (S. 60).

Zwei dieser Erscheinungen sind heute als Tau- und Kappa-Effekt bekannt.<sup>2</sup> Für deren Entdeckung hat Benussi (1916) seine Probanden haptischer (leichte Berührung auf der Haut des Unterarmes) oder visueller Stimulation (kleine Lichtpunkte in einem sonst dunklen Raum) ausgesetzt. In 32 verschiedenen Bedingungen hat er jeweils den räumlichen und zeitlichen Abstand von mindestens zwei Reizen systematisch variiert, wobei die Versuchspersonen Anfang und Ende der Scheinbewegungen angeben mussten. Hierbei ermöglichten sowohl die Darbietungsgeräte als auch die Antwortregistrierungsmittel Präzision im Millisekundenbereich. Benussi (1916) stellte fest, dass

mit der Abnahme der Dauer einer Scheinbewegung [...] eine Abnahme ihrer Grösse oder Weite Hand in Hand [geht]. Diese Abnahme kann bis zur Aufhebung des Distanzeindrucks fortschreiten. (S. 97) [Somit stehen] die scheinbare Raumgrösse, die scheinbare Zeitgrösse und die Einheitlichkeit einer Scheinbewegung [...] in deutlicher zum Ausdruck gelangender, gesetzmässiger Wechselwirkung zueinander. (S. 123)

Benussi konstatiert einen weiteren Punkt, der bis zum heutigen Tag unbeantworteter Gegenstand der Forschung geblieben ist und nicht zuletzt auch wesentlicher Bestandteil der vorliegenden Arbeit darstellt. Eine Bewegung vollzieht sich mit einer gewissen Geschwindigkeit, die konstant bleiben oder sich auch im Zuge der Bewegung verändern kann. Die Geschwindigkeit ist, zumindest für reale Bewegungen, Funktion der zurückgelegten Strecke innerhalb einer gewissen Zeit. Benussi (1916) stellte aber fest, dass die Geschwindigkeit bei Scheinbewegungen nur Funktion der Zeit, also der Dauer der Bewegung, ist: „Scheinbewegungen haben eine eigens begründete und zwar eine durch

---

<sup>2</sup> Die nun folgenden Erkenntnisse hat Benussi bereits in seiner Publikation von 1907 erstmals geschildert, an dieser Stelle wird aber die Publikation von 1916 als Quelle hinzugezogen. Irrtümlicherweise wird oftmals Adhémar Gelb (1887-1936) als Entdecker des Tau-Effekts im haptischen Bereich betrachtet, sein Kongressbeitrag hierzu erschien aber nicht vor 1914 (vgl., Evans, 2008, S. 80f; Oyama, Torii, & Mochizuki, 2005, S. 79f).

die Dauer allein begründete Geschwindigkeit" (S. 114). <sup>3</sup> Denn „Scheinbewegungen, die gleichlang dauern, vollziehen sich mit subjektiv gleicher Geschwindigkeit, unabhängig von der Grösse des zurückgelegten Weges" (S. 117). Nach den Arbeiten Vittorio Benussi hat die gegenseitige Beeinflussung von Raum und Zeit sowie die Rolle, die hierbei von phänomenologischen Bewegungen und deren Geschwindigkeit eingenommen wird, eine Fülle an empirischen Arbeiten hervorgebracht. Zwecks Überleitung zur eigenen Fragestellung sollen nun hiervon einige Beispiele vorgestellt werden.

## **2.2. Interferenz von Raum und Zeit**

Mit Vittorio Benussis Arbeiten von 1907 und 1916 konnte die gegenseitige Abhängigkeit von Raum und Zeit zum ersten Mal empirisch, jenseits von rein philosophischen Traktaten, bewiesen werden. Es dauerte aber nochmals mehr als ein Jahrzehnt, bis sich mit Helson (1930) erneut jemand dem Thema annahm und den Einfluss des zeitlichen Intervalls zwischen zwei Stimuli auf die wahrgenommene räumliche Distanz zwischen ihnen untersuchte. Der Terminus *Tau-Effekt* <sup>4</sup> war geboren, mit dem explizit darauf hingewiesen werden sollte, dass es sich bei der verzerrten Raumwahrnehmung nicht um eine Illusion handle (Helson & King, 1931).

I therefore propose that it be called the Tau effect because it obeys definite laws, can be measured and is not due to imagination, attention, suggestion or any other peculiarly mentalistic mechanism. (S. 536f)

Der vermeintlich gegenteilige Effekt, die verzerrte Wahrnehmung des zeitlichen Intervalls zwischen zwei Stimuli aufgrund sich verändernder räumlicher Abstände, wurde sogar bereits 1924 durch Scholtz im visuellen, haptischen sowie akustischen Bereich

---

<sup>3</sup> „Zwei Bewegungen, die gleiche [Gesamtzeiten], aber verschiedene Wege, das heisst verschiedene Abstände der gereizten Stelle aufweisen, werden hintereinander haptisch [...] dargeboten. Die zwei Hautstellen *m* und *i* sind zum Beispiel das eine Mal 7 Zentimeter, das andere Mal 14 Zentimeter voneinander entfernt. Unter solchen Umständen erscheinen die zwei sich scheinbar in Bewegung befindlichen Etwas bezüglich der Raschheit, mit der sie ihren Weg zurücklegen, einander gleich, wiewohl das eine von diesen Etwas in der gleichen Zeit den doppelten Weg zurücklegt" (Benussi, 1916, S. 114).

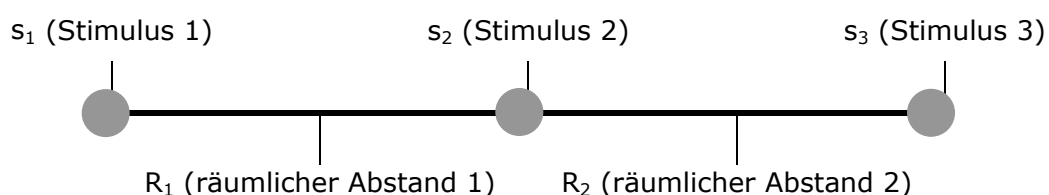
<sup>4</sup> „It is done by exposing three stimuli in succession at equal spatial intervals but unequal temporal intervals. If the time between the first and second stimuli is shorter (longer) than that between the second and third stimuli, the extents undergo a corresponding change, for the first appears shorter (longer) than the second" (Helson & King, 1931, S. 202).

nachgewiesen, in Folge aber wenig rezipiert. Ebenso blieb eine ganze Reihe japanischer Forschungsarbeiten (Abbe, 1936, 1937; Abe, 1935), in denen dieses Phänomen *S-Effekt* oder auch *Abbe-Effekt* genannt wurde, lange nahezu unbeachtet (vgl., Noguchi, Kitaoka & Takashima, 2008; Oyama et al., 2005; Yuki, 1965). Möglicher Grund hierfür ist, dass diese Texte bis zum heutigen Tag nur in japanischsprachigem Original (mit teils deutsch- oder englischsprachigem Abriss) erhältlich sind. Erst mit den Arbeiten von Cohen, Hansel und Sylvester (1953) erhielt der Einfluss der Rauminformationen auf ein Zeiturteil mit der Bezeichnung *Kappa-Effekt*<sup>5</sup> einen Namen, der sich langfristig durchsetzen konnte.

### 2.2.1. Kategorisierung relevanter Forschung

Um etwas Übersicht in die umfangreiche Literatur zu gewinnen, sollen die relevantesten Forschungsbeiträge an dieser Stelle nach vier Kriterien kategorisiert werden. Die offensichtlichste Kategorisierungsmöglichkeit ist nach *Effekttypus*, also ob Zeiturteile (Kappa-Effekt) oder aber Raumurteile (Tau-Effekt) untersucht wurden. In einem zweiten Schritt können die Studien nach *Stimulationstypus* kategorisiert werden:

So wurden die Probanden im Rahmen des Kappa-Effekts *visuellen* (Abbe, 1936; Cohen, Hansel & Sylvester, 1953, 1955; Collyer, 1977; Huang & Jones, 1981, 1982; Jones & Huang, 1982; Parks, 1968; Price-Williams, 1954; Sarrazin, Giraudo, Pailhous & Bootsma, 2004; Sarrazin, Giraudo & Vercher, 2008; Sarrazin, Tonnelier & Alexandre, 2005; Sudo, 1941), *haptischen* (Suto, 1952, 1955), *akustischen* (Berberian, Sarrazin & Giraudo, 2007; Cohen, Hansel & Sylvester, 1953, 1954; Crowder & Neath, 1994; MacKenzie, 2007; Sarrazin, Giraudo & Pittenger, 2007; Shigeno, 1993; Yoblick & Salvendy, 1970) oder *dynamischen* Reizen, bei denen sich die Probanden in einer beweglichen Apparatur befanden (Cohen & Cooper, 1962), ausgesetzt.



<sup>5</sup> „The effect is such that when the observer is adjusting the time intervals so that they appear equal he makes the time interval between the two flashes spaced farther apart shorter than the time interval between the two flashes closer together. The phenomenon that thus emerges is that when three flashes of light are successively presented and separated by equal temporal intervals, one temporal interval will seem longer as the relative distance between the corresponding flashes increases“ (Cohen et al., 1953, S. 901).

$Z_1$  (zeitliches Intervall 1)

$Z_2$  (zeitliches Intervall 2)

*Abbildung 1.* Schematische Darstellung eines Versuchsaufbaus bestehend aus drei Stimuli. Ein räumlicher Abstand/zeitliches Intervall stellt jeweils den Standardreiz dar, der andere räumliche Abstand/das andere zeitliche Intervall ist demzufolge der Vergleichsreiz.

Auch im Rahmen des Tau-Effekts wurden *visuelle* (Abbe, 1937; Abe, 1935; Bill & Teft, 1969, 1972; Collyer, 1977; Huang & Jones, 1981, 1982; Jones & Huang, 1982; Sarrazin et al., 2004; Sarrazin et al., 2008; Sarrazin et al., 2005; Scholtz, 1924), *haptische* (Helson, 1930; Helson & King, 1931; Lechelt & Borchert, 1977; Scholtz, 1924; Wieland, 1960), *akustische* (Berberian et al., 2007; Cohen et al., 1954; Sarrazin et al., 2007; Scholtz, 1924; Shigeno, 1993), *simultan akustische und haptische* (Russo & Dellantonio, 1989) und in jüngster Zeit *audiovisuelle* Reize (Kawabe, Miura & Yamada, 2008) verwendet. Anstelle von dynamischen Bewegungen kamen bei diesem Phänomen aber *kinetische* Bewegungen zum Zuge, bei denen die Probanden die Bewegung selber produzierten (Cohen & Cooper, 1962; Cohen, Cooper & Ono, 1963).

Ein dritter Kategorisierungsschritt kann darin bestehen, die Studien nach *Stimulianzahl* zu unterteilen (Abbildung 1). Obwohl für die Untersuchung beider Effekte faktisch nur zwei Stimuli ( $s_1$  und  $s_2$ ) notwendig sind, verwenden die meisten Studien drei sukzessive Stimuli ( $s_1$ ,  $s_2$  und  $s_3$ ). Hierbei geben der erste und der zweite Stimulus die erste räumliche Distanz und zugleich das erste zeitliche Intervall wieder (fortan mit  $R_1$  respektiv  $Z_1$  abgekürzt). Der zweite und der dritte Stimulus stellten wiederum die zweite räumliche Distanz sowie das zweite zeitliche Intervall dar (fortan mit  $R_2$  respektiv  $Z_2$  abgekürzt).

Damit einhergehend ändert sich auch die eigentliche Aufgabenstellung und führt uns zugleich zum vierten und letzten Kategorisierungsschritt, dem *Antwortformat*: Bei zwei Stimuli soll sozusagen ein absolutes Urteil bezüglich räumlichem Abstand (Tau-Effekt) oder zeitlichem Intervall (Kappa-Effekt) zwischen den beiden Reizen ( $R_1$  und  $R_2$  respektiv  $Z_1$  und  $Z_2$ ) geliefert werden, ohne dass hierfür ein Referenzwert zur Verfügung steht. Eine Darbietung bestehend aus drei Stimuli erlaubt hingegen ein Vergleichsurteil, bei dem entschieden werden soll, ob ein bestimmter räumlicher Abstand oder ein bestimmtes zeitliches Intervall in Bezug auf den jeweils anderen Abstand respektiv das jeweils andere Intervall grösser, kleiner oder gleich sei.

Henry und McAuley (2009) haben im Rahmen des eben vorgestellten dritten und vierten Kategorisierungsschrittes, also der Anzahl Stimuli und dem Antwortformat, eine so genannt *kanonische Kappa-Aufgabe* graphisch dargestellt und beschrieben. Den

genannten Autoren zufolge handelt es sich hierbei um Aufgaben, die Vergleichsurteile auf der Basis von drei Stimuli verlangen. Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, bleibt die räumliche und zeitliche Position der beiden äusseren Stimuli (ausgefüllte Kreise) bestehen, während die räumlichen und zeitlichen Charakteristiken des mittleren Stimulus variabel sind. Die gepunktete vertikale Linie gibt das normative Urteil im Falle von zwei gleich grossen zeitlichen Abständen zwischen dem ersten und dem zweiten respektiv dem zweiten und dem dritten Stimulus wieder. Wird aber der erste räumliche Abstand verkürzt, während das zeitliche Intervall gleich bleibt, scheint das erste zeitliche Intervall trotzdem kleiner geworden zu sein; was durch den nicht ausgefüllten Kreis unten links symbolisiert wird (*Short-Long*). Und eine Erhöhung der ersten räumlichen Distanz (wieder bei unverändertem zeitlichem Intervall) führt ebenfalls zu einem subjektiv längeren, ersten zeitlichen Intervall; nun symbolisiert durch den unausgefüllten Kreis oben rechts (*Long-Short*).

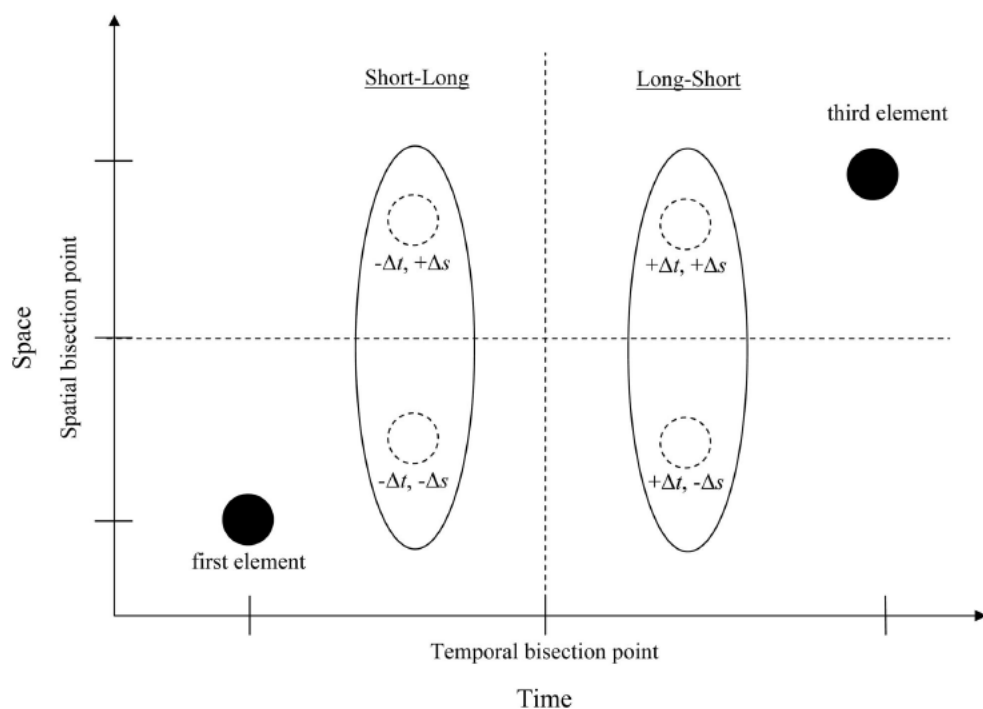


Abbildung 2. Von Henry und McAuley (2009, S. 552) als *kanonische Kappa-Aufgabe* bezeichneter Versuchsaufbau basierend auf drei Stimuli. Hierbei sollen die Probanden die zeitliche Position des mittleren Stimulus in Bezug auf die beiden äusseren Stimuli bestimmen.

### 2.2.2. Die ‚Imputed Velocity Hypothesis‘

Seit den Untersuchungen von Price-Williams (1954) zum Kappa-Effekt beherrscht quasi eine Frage die empirische Forschung beider Phänomene. Einem Nebensatz gleich schliesst der genannte Artikel mit folgender Hypothese: „It may well be that, in the *kappa* phe-



nomenon, an 'imputed motion' is experienced by the subject which influences his temporal judgment" (S. 364).

Zu diesem Schluss kommt der Autor aufgrund verschiedener Experimente, wobei hier exemplarisch auf Experiment 2 näher eingegangen werden soll. Hierbei sahen die sieben Probanden in einem ansonsten dunklen Raum zwei Lichtquellen vor sich, die entweder 8 Zoll, 16 Zoll oder 32 Zoll voneinander entfernt waren und sukzessive aufblitzten (dies entspricht etwa 20.3, 45.7 respektiv 82.3 Zentimeter oder 10°, 20° respektiv 40° Sehwinkel). Das jeweilige zeitliche Intervall zwischen den zwei Lichtreizen wurde systematisch variiert und konnte zwischen 7 und 11 Sekunden, in Schritten von einer Sekunde, betragen. Jede der 15 Kombinationen (3 räumliche Abstände x 5 zeitliche Intervalle) wurde 20 Mal dargeboten, wobei die sieben Probanden bei allen 300 Trials anhand einer Morsetaste den zeitlichen Intervall zwischen den zwei dargebotenen Reizen reproduzieren sollten. Die graphische Darstellung der entsprechenden Resultate (Abbildung 3) zeigt einen deutlichen Kappa-Effekt.

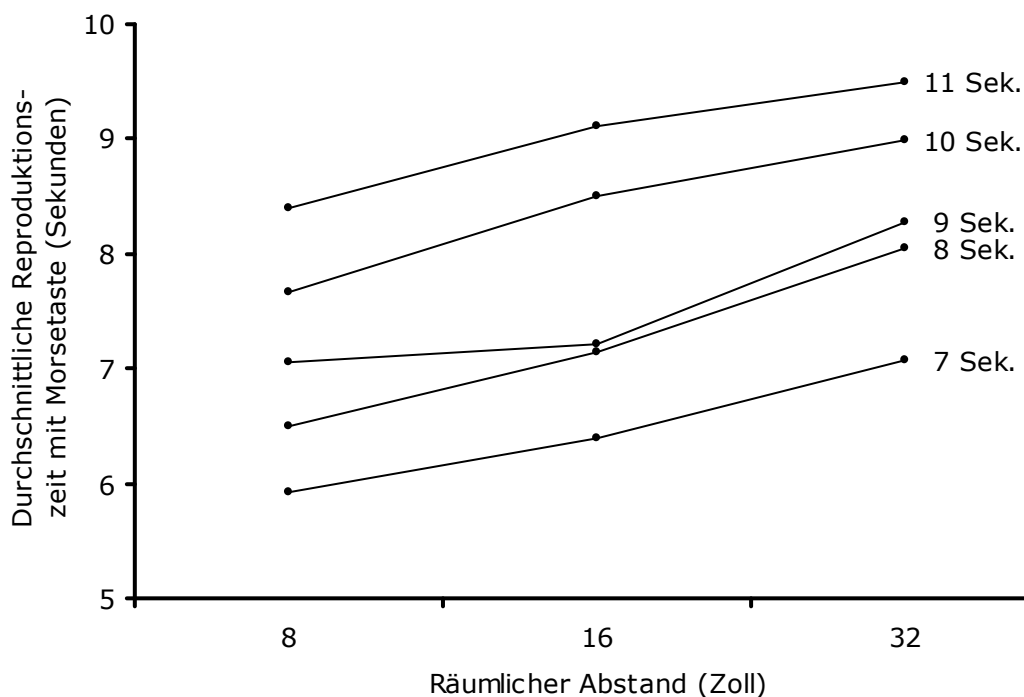


Abbildung 3. Resultate des Experiments zum visuellen Kappa-Effekt von Price-Williams (1954); im Original sind die Daten nur numerisch angegeben. Die Vektorenbeschriftungen entsprechen den zeitlichen Intervallen.

Die Vektoren sind, mit Ausnahme des räumlichen Abstandes von 16 Zoll kombiniert mit dem zeitlichen Intervall von 9 Sekunden, linear und parallel. Die zwei Prämissen des Parallelismus-Theorems nach Anderson (1996) scheinen somit erfüllt zu sein. Der Kappa-

Effekt äussert sich also als additive oder durchschnittsbildende Integration der Raum- und Zeitinformation. Dasselbe gilt für den Tau-Effekt, wie weiter unten anhand eines analogen Beispiels beschrieben wird. Zudem sind die Abstände zwischen den Vektoren, ebenfalls abgesehen von der oben genannten Ausnahme, immer in etwa gleich gross. Dies deutet wiederum darauf hin, dass die psychophysikalische Funktion linear ist (Jones & Huang, 1982). Nach Stevens und Galanter (1957) beträgt der Exponent für die Zeitdauer etwa 1.1, also in der Tat nahe der Linearität.

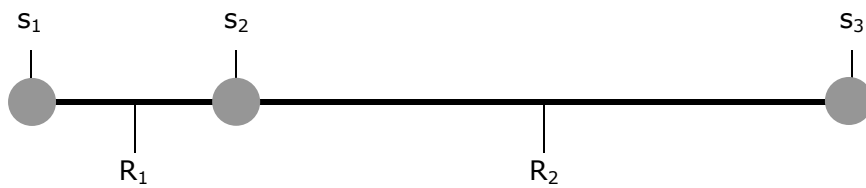
Cohen et al. (1955) stimmen der Hypothese von Price-Williams (1954) zu und postulieren, dass die sukzessiv wahrgenommenen visuellen Stimuli aufgrund von Alltagserfahrungen mit vergleichbaren Sachverhalten unweigerlich Bewegung suggerieren (vgl., Shepard, 1984). So scheint ein immer gleich aussehendes Objekt, das aufgrund von visuell überlagerten Sichtschranken wiederholt aus dem Blickfeld verschwindet und an anderen Stellen wieder auftaucht, in Bewegung begriffen zu sein. Auch hier kann von *imputed motion* gesprochen werden, denn sind die hindernisfreien Lücken klein genug, wird die eigentliche Bewegung auch in diesen Lücken nicht gesehen. Diese Alltagserfahrung weist gemäss Cohen et al. (1955) eine hohe Analogie mit den drei sukzessiv aufleuchtenden, immer gleich bleibenden Lichtpunkten im ansonsten dunklen Raum auf. Nach den grundlegenden Arbeiten von Piaget (1954) konnte in jüngster Zeit mehrfach gezeigt werden, dass ebendiese Fähigkeit der Objektpermanenz, gekoppelt mit Bewegungsinduzierung in einem faktisch statischen Display, bereits in den ersten Lebensmonaten vorhanden ist (Bertenthal, Longo & Kenny, 2007; Von Hofsten, Kuchukhova & Rosander, 2007). Cohen et al. (1955) äussern in ihren Schlussfolgerungen bezüglich dieser frühen Fähigkeit einen bemerkenswerten Gedanken:

[...] the phenomena appear to support the primacy of discrimination of movement over separate spatial or temporal discriminations. The primacy of movement is indeed biologically vital and [...] characterises individual development (S. 372).

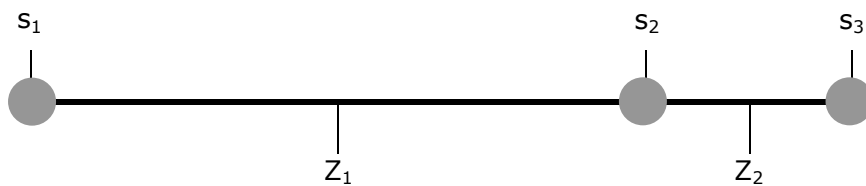
In Folge wurde dieser alltagsnahe aber gleichzeitig evolutionär geprägte Ansatz durch komplexe mathematische Erklärungsversuche ersetzt. So sieht Collyer (1976, 1977) im Versuch, das Verhältnis der jeweils zwei räumlichen Abstände ( $R_1$  und  $R_2$ ) und zeitlichen Intervalle ( $Z_1$  und  $Z_2$ ) zueinander auszugleichen, den Grund für das Auftreten der Effekte. Abbildung 4a und 4b zeigen schematisch ein Display bestehend aus drei Stimuli, in welchem die räumlichen Abstände  $1x$  und  $3x$  umfassen. Die jeweiligen zeitlichen Intervalle betragen wiederum  $3x$  respektiv  $1x$ . Das Angleichen der Verhältnisse nach Collyer (1976, 1977) heisst, sowohl die zwei räumlichen Abstände ( $R_1$  und  $R_2$ ) als auch die zwei zeitlichen Intervalle ( $Z_1$  und  $Z_2$ ) mental auf je  $2x$  anzugleichen (Abbildung 4c). Sind dann die Verhältnisse  $R_1/R_2$  und  $Z_1/Z_2$  gleich, sind es automatisch auch die

Verhältnisse  $R_1/Z_1$  und  $R_2/Z_2$ . Dies heisst wiederum, dass phänomenologisch eine *konstante Geschwindigkeit* aufzutreten scheint. Demzufolge braucht ein imaginäres Objekt für die weitere Strecke logischerweise länger (Kappa-Effekt) beziehungsweise scheint das sich länger bewegende Objekt eine weitere Strecke zurückgelegt zu haben (Tau-Effekt).

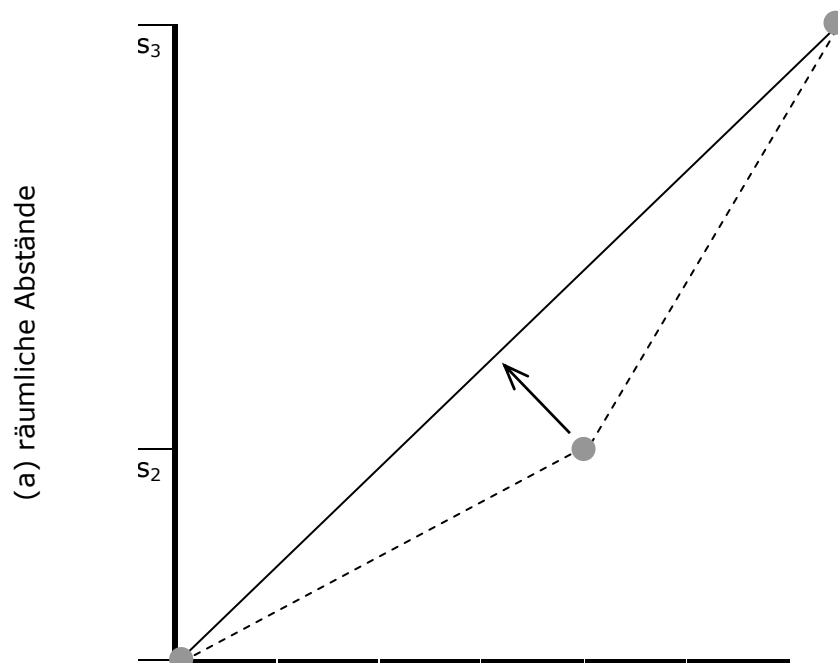
(a) räumliche Abstände



(b) zeitliche Intervalle



(c) Raum-Zeit-Diagramm





(b) zeitliche Intervalle

Abbildung 4. Graphische Darstellung der *imputed motion hypothesis* respektiv der *constant velocity hypothesis* nach Collyer (1977, S. 359).

Anderson (1974) sieht in beiden Effekten ebenfalls eine lineare Verknüpfung zeitlicher und räumlicher Variablen, spricht aber in Anlehnung an die so genannte *size-weight illusion* von einer „illusion of positive effect“ (Anderson, 1970, S. 259). Bei solchen Illusionen wird das Urteil bezüglich eines bestimmten Teilaspektes durch den Rahmen beeinflusst, in den es eingebettet ist; das Ganze beeinflusst also quasi seine Teile (Anderson, 1996). Im Rahmen des Kappa-Effekts stellt das zu beurteilende Zeitintervall diesen Teilaspekt dar. Das Ganze besteht wiederum aus der tatsächlich gegebenen Zeit, der tatsächlich gegebenen Distanz und gemäss Anderson (1970) auch aus der Annahme, dass die daraus resultierende Geschwindigkeit konstant bleibe.

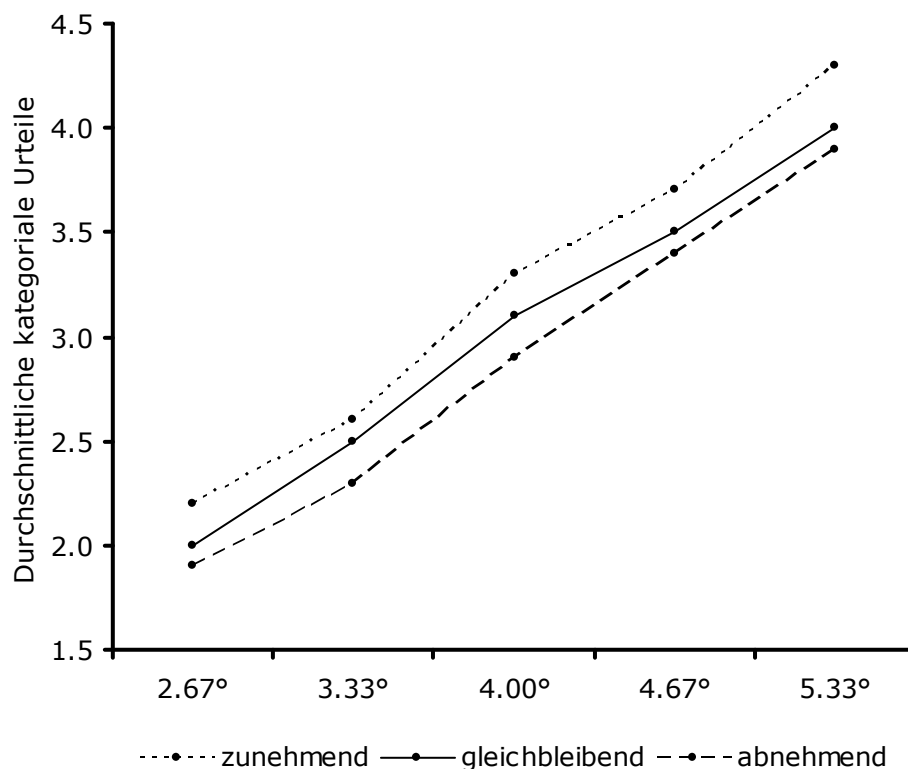


Abbildung 5. Resultate des Experiments von Jones und Huang (1982, S. 134). Mittels acht Lichtreizen wurde eine Geschwindigkeitszunahme, eine Geschwindigkeitsabnahme oder gleichbleibende Geschwindigkeit induziert.

Jones und Huang (1982; Huang & Jones, 1981, 1982) nahmen diese Hypothese auf und testeten sie anhand eines Displays bestehend aus acht Lichtreizen. Hierbei wurden die sechs räumlichen Abstände der ersten sieben Reize konstant gehalten und die sechs zeitlichen Intervalle so variiert, dass eine Geschwindigkeitszunahme (Intervalle verkürzten sich von 1200 ms auf 850 ms, 600 ms, 450 ms, 325 ms und schlussendlich 225 ms), eine Geschwindigkeitsabnahme (Intervalle wurden in umgekehrter Reihenfolge immer länger) oder eine gleichbleibende Geschwindigkeit (Intervalle betrugen immer 600 ms) evoziert wurde. Das siebte und letzte raumzeitliche Intervall bestand aus einer faktoriellen Zusammensetzung von fünf räumlichen Abständen zwischen  $2.67^\circ$  und  $5.33^\circ$  (in Schritten von  $0.67^\circ$ ) und fünf zeitlichen Intervallen zwischen 600 Millisekunden und 1000 Millisekunden (in Schritten von 100 ms). Aufgabe der Versuchsperson war es, jeweils auf einer fünffach abgestuften Skala, den räumlichen Abstand zu schätzen. Die Autoren konnten hierbei nachweisen, dass induzierte Geschwindigkeitszunahme den Tau-Effekt verstärkt, während induzierte Geschwindigkeitsabnahme den Effekt kleiner werden lässt.

In jüngster Zeit wurden beide Effekte von einer Forschergruppe rund um Jean-Christophe Sarrazin ebenfalls anhand von acht Stimuli untersucht. Die Autoren gingen mit immer derselben Methode und teils auch immer derselben Stichprobe auf verschiedenste Fragestellungen ein. So beispielsweise, ob beide Effekte auch dann auftreten, wenn die Raum- oder Zeiturteile sich nicht auf unmittelbar visuell wahrgenommenen, sondern lediglich auf memorierten, visuellen Reizen stützen (Sarrazin et al., 2008, 2004). Und in Anlehnung daran, ob diese Gedächtnisleistung auch bei einem erlernten Klangmuster von acht auditiven Reizen auftritt (Berberian et al., 2007; Sarrazin et al., 2007). Neben der Rolle des Gedächtnisses in komplexen visuellen und auditiven Displays stellt in allen genannten Studien auch die *imputed velocity hypothesis* einen wesentlichen Forschungsgegenstand dar. Insbesondere in der Studie von Sarrazin et al. (2005), die an dieser Stelle exemplarisch näher vorgestellt werden soll.

Eine Sequenz von acht weissen Punkten wurde sukzessive auf einem ansonsten schwarzen Bildschirm in schneller Abfolge dargeboten. Die Probanden konnten eine von vier Bedingungen durchlaufen. In der ersten und zweiten Bedingung blitzten die Lichtpunkte jeweils mit konstanter Geschwindigkeit auf, weil das Verhältnis von räumlichem Abstand und zeitlichem Intervall immer gleich blieb (sieben Mal  $3.73 \text{ cm}/373 \text{ ms}$  in Bedingung 1 und entweder  $1.9 \text{ cm}/190 \text{ ms}$ ,  $3.73 \text{ cm}/373 \text{ ms}$  oder  $5.5 \text{ cm}/550 \text{ ms}$  in Bedingung 2; die Geschwindigkeit betrug jeweils  $10 \text{ cm s}^{-1}$ ). In der dritten und vierten Bedingung entfiel die Proportionalität zwischen zeitlichem Intervall und räumlichem Abstand, so dass die Geschwindigkeit der Bewegung ab- oder zunehmen konnte (so

konnte beispielsweise durch Verkürzung des räumlichen Abstandes mit gleichzeitiger Verlängerung des zeitlichen Intervalls eine Geschwindigkeit von nur  $5.1 \text{ cm s}^{-1}$  induziert werden, während eine Verlängerung des räumlichen Abstandes mit gleichzeitiger Verkürzung des zeitlichen Intervalls eine Geschwindigkeit von  $19.5 \text{ cm s}^{-1}$  erzeugte). Nachdem die Probanden die raumzeitliche Abfolge der acht Stimuli einer bestimmten Bedingung 20 Mal gesehen hatten, mussten sie mit dem digitalen Zeiger der Computermouse die räumliche Lokalisation der acht Stimuli 60 Mal reproduzieren respektiv die zeitliche Abfolge, den Rhythmus also, mit einer Taste 60 Mal wiedergeben.

Anhand der erzielten Resultate konnten die Autoren ein mathematisches Modell entwickeln, das im Rahmen der Raumeinschätzung mit der *constant velocity hypothesis* einhergeht; der Kappa-Effekt kann damit hingegen nicht erklärt werden. Während der eine Effekt lange bloss als Gegenteil des anderen Effekts angesehen wurde, konnten Sarrazin et al. (2004, 2005) aufgrund ihres mathematischen Modells aufzeigen, dass es sich bei visuellen Reizen nicht um spiegelbildliche Effekte mit quasi umgekehrten Vorzeichen handle (vgl., Geldard, 1972; Jones & Huang, 1982; Shigeno, 1993). Gleichzeitig offenbart aber ein Display bestehend aus mehr als zwei Stimuli ein methodisches Problem, auf das nun näher eingegangen werden soll.

### **2.2.3. Die positiven und negativen Zeitfehler**

Die bereits erwähnten Kappa-Untersuchungen von Cohen und Kollegen (1953, 1954, 1955, 1962, 1963), den Namensgebern des Effekts, fanden teilweise praktisch zeitgleich mit jenen von Price-Williams (1954) statt, unterscheiden sich aber bezüglich Stimulanzahl und Antwortformat. So untersuchten Cohen et al. (1953, 1955) den Kappa-Effekt anhand von drei statt nur zwei visuellen Stimuli. Bei allen Untersuchungen sassen ihre Probanden in einem dunklen Raum und sahen drei sukzessiv aufblitzende Lichtpunkte vor sich ( $s_1$ ,  $s_2$  und  $s_3$ ), die zwei räumliche Abstände und zwei zeitliche Intervalle wiedergaben ( $s_1 \wedge s_2 = R_1$  respektiv  $= Z_1$  und  $s_2 \wedge s_3 = R_2$  respektiv  $= Z_2$ ). Ihre Aufgabe bestand darin, den mittleren Reiz ( $s_2$ ) so zu verschieben, dass die beiden zeitlichen Abstände  $Z_1$  und  $Z_2$  gleich erschienen. Die Punkte waren entweder horizontal (Cohen et al., 1953) oder horizontal sowie vertikal angeordnet (Cohen et al., 1955). Hierbei zeigte sich eine deutliche Tendenz, das zeitliche Intervall zwischen jenen zwei Reizen zu verlängern (verkürzen), die den kleineren (grösseren) räumlichen Abstand aufwiesen; mit anderen Worten ein Beleg für den Kappa-Effekt. Cohen, Hansel und Sylvester statuierten noch 1953, dass die Reihenfolge der Darbietung (ob also der grössere räumliche Abstand als erstes oder als zweites dargeboten wurde) keinen Einfluss auf den Effekt habe. Später relativierten sie diese Aussage aufgrund neuerer Daten mithilfe derselben Methode (Cohen et al., 1955):

The order in which the experimenter presents the larger and smaller distances may conceivably influence the temporal judgment [...]. The effect of serial order in these experiments is that the subjects tends to make the second temporal interval greater than the first. This in itself produces different values of temporal judgments for either the large and smaller distances according to the order in which it is presented (S. 369).

Auf dasselbe Problem stiessen auch Bill und Teft (1969), die den visuellen Tau-Effekt anhand dreier Lichtpunkte untersuchten, die entweder sukzessive von links nach rechts (Experiment 1) oder von links nach rechts sowie von rechts nach links (Experiment 2) aufblitzten. Während die Probanden in den oben beschriebenen Experimenten von Cohen und Kollegen den mittleren Reiz ( $s_2$ ) zeitlich verschieben mussten, bestand die Aufgabe von Bill und Teft darin, entweder den linken ( $s_1$ ) oder den rechten ( $s_3$ ) Stimulus räumlich so zu verschieben, dass beide Abstände ( $R_1$  und  $R_2$ ) gleich erschienen. Statt aber den jeweiligen Stimulus eigenhändig verschieben zu können, mussten die Probanden die gewünschte Richtung und das gewünschte Ausmass der Verschiebung dem Versuchsleiter verbal mittels drei groben Kategorien mitteilen (auf die Güte dieser Methode soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden). Nachdem der Versuchsleiter die Anpassung vorgenommen hatte, wurden die drei Reize nochmals dargeboten, wobei der Proband eine erneute Verschiebung anordnen oder die Abstände als gleich beurteilen konnte und dadurch den nächsten Trial einleiten konnte. In der einen Hälfte der Untersuchung galt  $R_1$  als Standardreiz, so dass  $r_3$  verschoben werden musste ( $R_2$  stellte also den Vergleichsreiz dar). In der zweiten Hälfte der Untersuchung diente wiederum  $R_2$  als Standard- und  $R_1$  als Vergleichsreiz (es galt nun also die Position von  $r_1$  zu bestimmen). Der Standardreiz betrug immer 35 Zentimeter und wies ein festes zeitliches Intervall von 4 Sekunden auf. Der verschiebbare Reiz ( $r_1$  oder  $r_3$ ) wurde wiederum entweder mit einem Abstand von 22 oder 48 Zentimeter vom mittleren Reiz ( $r_2$ ) dargeboten, wobei das entsprechende zeitliche Intervall 1, 2, 3, 4, 5, 6 oder 7 Sekunden betragen konnte (bei Experiment 2 wurden hingegen nur Intervalle von 1, 4 und 7 Sekunden verwendet).

Dieselbe Methode mit anderen zeitlichen Intervallen des Vergleichsreizes wurde auch in späteren Untersuchungen angewendet (Bill & Teft, 1972). Zwar konnte sowohl in der Untersuchung von 1969 als auch in der Studie von 1972 der Tau-Effekt nachgewiesen werden, in der erstgenannten Untersuchung zeigte sich aber wieder, dass das erste raumzeitliche Intervall immer als kleiner empfunden wird als das zweite raumzeitliche Intervall; und zwar unabhängig von der Position des Standardreizes und der Richtung der Lichtabfolge. Folgendes Beispiel soll der Verdeutlichung dienen: Wir erinnern uns, dass die

zwei Lichtpunkte des Standardreizes in der hier behandelten Studie einen räumlichen Abstand von 35 Zentimeter und ein zeitliches Intervall von 4 Sekunden wiedergaben. Wenn es galt  $s_1$  zu verschieben ( $s_1$  und  $s_2$  bilden also den Vergleichsreiz,  $s_2$  und  $s_3$  hingegen den Standardreiz), wurde im Mittel ein räumlicher Abstand von 36.7 Zentimeter eingestellt. Hingegen wurden im Mittel 34.7 Zentimeter eingestellt, wenn es galt  $s_3$  zu verschieben ( $s_1$  und  $s_2$  bilden hier also den Standardreiz,  $s_2$  und  $s_3$  hingegen den Vergleichsreiz). Der erstgesehene raumzeitliche Stimulus evoziert eine grössere Neueinstellung (36.7 cm) als der zweitgesehene raumzeitliche Stimulus (34.7 cm), weil er eben als kleiner empfunden wird. Dass dies nicht mit der örtlichen Position sondern mit der zeitlichen Abfolge zusammenhängt, konnten Bill und Teft (1969) in ihrem zweiten Experiment nachweisen. Hier konnte die sukzessive Abfolge der Lichtreize, wie erwähnt, auch von rechts nach links verlaufen, so dass sich das erstgesehene raumzeitliche Intervall nun auch rechts befinden konnte. Auch in diesem Falle wurde das erstgesehene raumzeitliche Stimulus im Mittel stärker korrigiert (37.7 cm und 38.0 cm wenn die Darbietung links respektiv rechts begann) als das zweitgesehene raumzeitliche Stimulus (34.1 cm und 33.4 cm wenn die Darbietung links respektiv rechts begann).

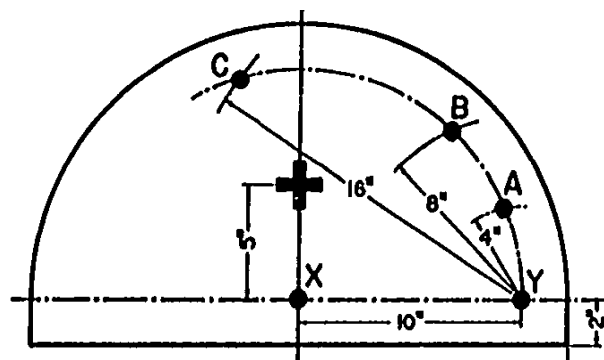


Abbildung 6. Versuchsanordnung nach Parks (1968, S. 93).

Dieser Fehler trat in der Untersuchung von 1972 (Experiment 1) nicht auf, obwohl nur die Darbietungszeiten des Vergleichsreizes variiert wurden. Namentlich bestand das erklärte Ziel dieser Untersuchung darin, die Untergrenze des Tau-Effekts zu erforschen, so dass zeitliche Abstände von 0.1, 0.4, 0.8, 8, 9 und 10 Sekunden verwendet wurden. Die Resultate zeigen auch bei äusserst kurzen zeitlichen Intervallen einen Tau-Effekt. Namentlich wurden im Mittel 40.3 Zentimeter eingestellt, wenn das zeitliche Intervall des Vergleichsreizes 0.4 Sekunden betrug, hingegen nur 27.4 Zentimeter, wenn er 10 Sekunden betrug. Wir erinnern uns, dass der Standardreiz immer einen räumlichen Abstand von 35 Zentimeter und ein zeitliches Intervall von 4 Sekunden hatte. In Experiment 2 und 3 derselben Untersuchung tauchten wieder dieselben Fehler auf, obwohl im Vergleich zum ersten Experiment nur Veränderungen bezüglich der Länge des Standardreizes (1, 2 oder 3 Sekunden statt den üblichen 4 Sekunden) respektiv bezüglich



der Dauer der einzelnen Lichtblitze (0.1, 1, 2 oder 4 Sekunden statt der ansonsten verwendeten halben Sekunde) vorgenommen wurden.

In der Versuchsanordnung von Parks (1968) zeigte sich wie in der Studie von Bill und Teft (1972), dass diese Fehleinschätzung nicht mit der räumlichen Position des Vergleichsreizes, sondern mit der zeitlichen Abfolge zusammenhängt. Parks untersuchte den visuellen Kappa-Effekt anhand von drei Lichtreizen, die in einem Halbkreis vor den Probanden angeordnet waren (Abbildung 6). Hierbei stellten die Reize X ( $s_1$ ) und Y ( $s_2$ ) immer den Standardreiz dar, waren in einem Abstand von 10 Zoll (25.4 cm) räumlich voneinander entfernt und leuchteten mit einem Intervall von 250 Millisekunden sukzessive auf. Wiederum stellte Y ( $s_2$ ) zusammen mit A, B oder C ( $s_3$ ) den Vergleichsreiz dar, der einen räumlichen Abstand von 4, 8 oder 16 Zoll haben konnte (etwa 10.1 cm, 20.3 cm respektiv 40.6 cm). Das zeitliche Intervall zwischen  $s_2$  und  $s_3$  konnte 190, 290 oder 390 Millisekunden betragen, wobei die Probanden dieses zeitliche Intervall so einzustellen hatten, dass es dem Intervall des Standardreizes (250 ms) entsprach. Auch hier zeigte sich zwar der Kappa-Effekt, ebenso wurde aber der immer an zweiter Stelle dargebotene Vergleichsreiz in allen Kombinationen überschätzt.

Bill und Teft (1969, 1972) betrachten diesen systematischen Fehler im Rahmen ihrer Studien als negativen *time order error* (TOE). Dieser so genannte ‚negative Zeitfehler‘ wurde von Fechner (1860) als erstes beschrieben als er beobachtete, dass beim Vergleich zweier Stimuli hinsichtlich ihres Gewichtes, der als zweites dargebotene Stimulus systematisch überschätzt wird (vgl., Gescheider, 1997; Hellström, 1985). Wird hingegen der erste Stimulus systematisch überschätzt, spricht Gustav Theodor Fechner (1801-1887) in der Originalliteratur von ‚positivem Zeitfehler‘. Beide Formen des TOE wurden anhand verschiedenster physikalischer Größen mehrmals untersucht und bestätigt. Dieser Punkt wird im Fazit am Ende dieses Kapitels nochmals aufgenommen.

Ono (1976) betrachtet den Tau- und den Kappa-Effekt per se als spezifische Fälle des negativen TOE. Ein Standpunkt, der durch die Resultate von Price-Williams (1954), der den Kappa-Effekt auch anhand von nur zwei Stimuli (also ohne den Gebrauch von Standard- und Vergleichsreiz) eruieren konnte, problemlos verworfen werden kann. Im Gegensatz zum *time order error*, der per Definition ein Phänomen ist, dass nur beim Vergleich von zwei Reizen auftreten kann, operieren sowohl der Tau- als auch der Kappa-Effekt jenseits von Fechners ‚Zeitfehler‘ (Jones & Huang, 1982). Im Sinne eines Fazits sei also festgehalten, dass das Verwenden eines Standard- und eines Vergleichsreizes, das Darbieten von drei statt nur zwei Stimuli also, nicht nur unnötig erscheint, sondern gar zu Datenverzerrung führen kann.

#### 2.2.4. Unter- und Obergrenze der Effekte

Mit Rückblick auf die grundlegenden Arbeiten von Vittorio Benussi soll, nun in einem anderen Zusammenhang, ein weiteres Argument gegen die Verwendung von drei Stimuli herangezogen werden. Benussi (1913) statuierte, dass Zeitintervalle mit einer Untergrenze von 90 Millisekunden und einer Obergrenze von zwei bis drei Sekunden – also der Zeitspanne phänomenologischer Gegenwart – absolute Eindrücke evozieren, die auch ohne Vergleichsreize erfasst werden können. Price-Williams (1954) war bisher der einzige, der ohne Vergleichsreiz operiert hat, verwendete aber zeitliche Intervalle von mindestens sieben Sekunden. Mit anderen Methoden konnte der Kappa-Effekt bei visuellen Reizen aber gar im Millisekundenbereich gefunden werden (Cohen et al., 1953; Huang & Jones, 1982). Dasselbe gilt für den Tau-Effekt, der ab 0.1 Sekunden in Erscheinung tritt (Bill & Teft, 1972; Huang & Jones, 1982). Die Obergrenze geht wiederum weit über die Zeitspannen absoluter Eindrücke hinaus. So verwendete Price-Williams im Rahmen des visuellen Kappa-Effekts Intervalle von bis zu elf Sekunden, Bill und Teft (1972) wiesen ihrerseits den visuellen Tau-Effekt mit einem Zeitintervall von zehn Sekunden nach. Es kann also vorerst festgehalten werden, dass das Konzept *absoluter Eindrücke* nach Vittorio Benussi, zusammen mit den teils widersprüchlichen Resultaten der vorgestellten Studien, für die vorliegende Arbeit nicht nur die Methode vergleichsfreier Urteile vorgibt, sondern per Definition zugleich zeitliche Parameter von mindestens 90 Millisekunden und maximal drei Sekunden setzt. Die Zeitspanne absoluter Eindrücke befindet sich in einem Bereich, der für die Evozierung der Effekte als ideal gewertet werden kann. Auch dieser Aspekt wird also für die eigene Versuchsanordnung von Relevanz sein.

Die Spannbreite räumlicher Abstände im Rahmen der Untersuchung beider Effekte im visuellen Bereich ist ebenso vielfältig. Anzumerken ist hierbei, dass in diesem Zusammenhang nicht der physische Abstand zwischen zwei Reizpunkten, sondern der Sehwinkel relevant ist, der eine Funktion der räumlichen Ausdehnung der Darbietung und deren Abstand vom Beobachter ist (Goldstein, 2007). Huang und Jones (1982; Jones & Huang, 1982) boten beispielsweise Stimuli innerhalb von nur 0.67° bis maximal 5.33° dar; Sarrazin et al. (2004) boten acht Lichtreize innerhalb von 8.7° dar, was etwas mehr als ein Sehwinkelgrad pro Stimuluspaar ergibt. Und auf der anderen Seite bildet Price-Williams (1954) mit einer Gesamtdarbietungsspanne von bis zu 40° wie bei den Zeitintervallen die Obergrenze.

Während Neugeborene ihre Aufmerksamkeit nicht nur mittels den Augen auf ein Ziel richten, sondern immer auch den Torso in die entsprechende Richtung drehen (Robertson, Bacher & Huntington, 2001; Robertson, Johnson, Masnick & Weiss, 2007), ist die Aufmerksamkeit Erwachsener nicht an explizite Augen- oder Körperbewegungen gebunden. Erwachsene können visuelle Informationen innerhalb von etwa 10° mittels Sakkaden erfassen, benötigen hierzu also keine bewussten Augenbewegungen (Land, 2004; Marasso, Bizzi & Dichgans, 1973). Werden aber zusätzlich die Augen bewegt, kann die Aufmerksamkeit auf Informationen innerhalb von 20° bis 30° oder, je nach Literaturquelle, gar 50° gerichtet werden (vgl., Gresty, 1974; Guitton & Volle, 1987; Land, 2004). Erst bei noch grösseren Winkeln ist die Bewegung des Kopfes oder gar des Torsos notwendig.

Sind für einen Aufmerksamkeitsprozess nur Sakkaden notwendig, sprechen Posner und Kollegen (Posner, 1980; Posner, Nissen & Ogden, 1975; Posner, Snyder & Davidson, 1980) von verborgener Aufmerksamkeit. Dies im Gegensatz zu so genannt offener Aufmerksamkeit, bei der Augen- oder Kopfbewegungen gemacht werden (engl. *covert* respektiv *overt attention*).

Obwohl diese vermeintliche Dichotomie aufgrund neuester Studien eine Revision zu bedürfen scheint (Horowitz, Fine, Fenesik, Yurgenson & Wolfe, 2007) und vermehrt die Bedeutung offener Aufmerksamkeit für schnelle (Chelazzi, Biscaldi, Corbetta, Tassinari & Berlucchi, 1995) respektiv präzise (Deubel & Schneider, 1996; Hoffman & Subramaniam, 1995; Kowler, Anderson, Doshier & Blaser, 1995) Erfassung visueller Stimuli hervorgehoben wird (vgl., Beck & Lavie, 2005), besteht in der Untersuchung des visuellen Tau- und Kappa-Effekts im Kontext der *imputed motion hypothesis* eine klare methodische Notwendigkeit für die Reizdarbietung ohne Evozierung offener Aufmerksamkeit.<sup>6</sup> Hierbei vorwegzunehmen ist auf der einen Seite, dass Drehung des Kopfes Stationäres sozusagen nicht in Bewegung versetzen kann. Der Lokus eines kurz aufblitzenden Lichtes in einem dunklen Raum kann auch dann richtig angegeben werden, wenn zwischen der Wahrnehmung und der Lokalisation Kopfbewegungen erfolgt sind (Blouin, Labrousse, Simoneau, Vercher & Gauthier, 1998; Herter & Guitton, 1998; Ohtsuka, 1994; Zivotofsky

---

<sup>6</sup> Mit Ausnahme der Studien von Bill und Teft (1969) befinden sich sämtliche, in der vorliegenden Arbeit diskutierten Stimulusspannbreiten im Bereich verdeckter Aufmerksamkeit. Kawabe et al. (2008) verhindern beispielsweise Kopfbewegungen mithilfe einer Kinnfixierungsapparatur und Sarrazin et al. (2004, 2005, 2008) heben hervor, ihre Versuche so konzipiert zu haben, dass Kopfbewegungen nicht nötig seien. In keiner Studie wird aber eine Begründung für diese Massnahmen geliefert!

et al., 1996). <sup>7</sup> Auf der anderen Seite stimulieren Kopfbewegungen aber die semizirkulären Kanäle des vestibulären Systems und liefern somit Informationen über den Radius und die Beschleunigung einer wahrgenommenen Bewegung. Ebenso werden (Kopf-) Bewegungen durch efferente Muskelsignale produziert, wobei diese Informationen nicht zuletzt dem visuellen System zur Verfügung stehen (vgl., Goldstein, 2007; Kandel, Schwartz & Jessel, 2001).

Wenn wir mit unseren Augen ein mit gewisser Geschwindigkeit fahrendes Auto mit selber Geschwindigkeit verfolgen, bleibt das anvisierte Objekt auf unserer Retina mehr oder minder stationär. Bewundern wir hingegen ein Panorama, indem wir unsere Augen über die ganze Szenerie streifen lassen, gerät das mehrheitlich stationäre Bild auf unserer Netzhaut in Bewegung (Freeman, 2001). Aufgrund eines automatischen Vergleiches der retinalen Signale mit den efferenten Muskelsignalen der Augen, bereitet es uns aber keine Probleme das Gesehene korrekt zu interpretieren (Freeman & Sumnall, 2002; Souman & Freeman, 2008).

Dem so genannten Reafferenzprinzip zufolge (Von Holst, 1954; Von Holst & Mittelstaed, 1959), sehen wir nur dann eine Bewegung, wenn erstens sowohl das retinale Abbild als auch die Augen in Bewegung sind (in diesem Falle ist die Verfolgungsbewegung in Bezug auf die Geschwindigkeit des beobachteten Objektes zu langsam oder zu schnell), wenn zweitens entweder das retinale Abbild in Bewegung ist, während die Augen unbewegt bleiben oder umgekehrt, wenn drittens das retinale Abbild statisch ist, während sich die Augen bewegen. Keine Bewegung sollte hingegen wahrgenommen werden, wenn sowohl das retinale Abbild als auch jene Körperteile unbewegt bleiben, die üblicherweise bei einer Bewegungsverfolgung eingesetzt werden (vgl., Goldstein, 2007).

Diese nicht klar quantifizierbaren physiologischen Signale könnten sich konfundierend auf jene Bewegungsphänomenologie auswirken, die im Rahmen der *imputed motion hypothesis* subsumiert werden. Durch die Exklusion physisch induzierter Bewegungssignale wird nochmals die rein kognitive Konnotation der eben genannten Hypothese stärker hervorgehoben. Diese Fakten werden eine tragende Rolle im eigenen

---

<sup>7</sup> Paradoxerweise würden wir hingegen Schwierigkeiten haben, den genauen Lokus eines Lichtes zu bestimmen, das wir in einem dunklen Raum permanent anschauen könnten, da es aufgrund des autokinetischen Effekts (Koffka, 1935) nach einer gewissen Zeit zu zittern beginnen würde (Shiffrar, 2001). Unter Umständen kann uniforme retinale Stimulation gar dazu führen, dass das anvisierte Ziel sogar immer wieder ganz verschwindet, um jeweils für ein paar Sekunden wieder zu erscheinen (Riggs, Ratliff, Cornsweet, & Cornsweet, 1953). Auf die methodische Bedeutung dieser Befunde soll im entsprechenden Kapitel eingegangen werden.

Versuchsaufbau haben und bieten die Gelegenheit auf weitere theoretische Aspekte einzugehen, die ebenfalls methodische Implikationen für die vorliegende Arbeit mit sich ziehen werden.

### 2.3. Wissen über physikalische Kräfte

Wir erinnern uns, dass Helson und King (1931) explizit hervorgehoben haben, dass es sich bei der Beeinflussung der Raumwahrnehmung durch die Zeitdimension nicht um eine Illusion handle, so dass sie sich für den Terminus ‚Effekt‘ entschieden.<sup>8</sup> Im gleichen Zusammenhang ist hervorzuheben, dass auch die in der vorliegenden Arbeit diskutierte Erklärung der Effekte, namentlich die vermeintlich wahrgenommene Bewegung, nicht im Sinne einer Täuschung oder einer Illusion zu verstehen ist.



Abbildung 7. So genannte Glass-Muster, die aufgrund der Platzierung der Punkte eine radiale (links) oder konzentrische Bewegung (rechts) induzieren (Krekelberg et al., 2005, S. 4373).

Der Eindruck von Bewegung kann beispielsweise durch so genannte Bewegungsschliere (engl. *motion streaks*) ausgelöst werden, wie sie oftmals in Comics oder sonstigen bildlichen Visualisierungen eingesetzt werden (Edwards & Crane, 2006) oder durch die adäquate Platzierung vieler Punkte, wie die obige Abbildung deutlich zeigt (Glass, 1969; Ross, Badcock & Hayes, 2000). Hierbei scheinen sich die einzelnen Punkte radial oder konzentrisch um einen gemeinsamen Fluchtpunkt zu gruppieren, als ob sich der Beobachter in einem fahrenden Auto befinden und auf die Strasse vor sich schauen würde (vgl., Gibson, 1966, 1979). Dieses optische Fließen wird im Englischen *implied motion* (Krekelberg, Vatakis & Kourtzi, 2005) bezeichnet, was wiederum suggeriert, dass sich der Beobachter, nicht das Beobachtete, zu bewegen scheint (wie es seinerseits der Begriff *imputed motion* impliziert).

---

<sup>8</sup> "I therefore propose that it be called the *Tau* effect because it obeys definite laws, can be measured and is not due to 'imagination', 'attention', 'suggestion' or any other peculiarly mentalistic mechanism." (Helson & King, 1931, pp. 536f)

So wie aber Helson und King (1931) ihren Untersuchungsgegenstand nicht als Illusion verstanden haben wollten, soll auch nicht dessen mögliche Erklärung, namentlich die Wahrnehmung von Bewegung als Auslöser der Effekte, mit einer optischen Täuschung wie die eben dargestellte *implied motion* verwechselt werden. So ist nach Jones und Huang (1982) unter *imputed motion* nicht zu verstehen, dass der Betrachter die experimentellen Reize als in Bewegung begriffen betrachtet, sondern

Imputed motion means that a subject who is required to make judgments about ambiguous spatial or temporal intervals makes a decision based on the *familiar functional relations* between distance, time, and average velocity. (S. 134)

Hier wird also Bewegung als Resultat eines kognitiven Prozesses verstanden, bei dem diese Bewegung nicht wirklich (oder illusorisch) gesehen, sondern nur erschlossen wird. Nun stellt sich aber die Frage, ob uns diese funktionalen Zusammenhänge tatsächlich so *geläufig* oder *vertraut* sind wie es Jones und Huang (1982) postulieren. Wilkening (1981) konnte beispielsweise bereits bei fünfjährigen Kindern experimentell nachweisen, dass sie ein Verständnis für den multiplikativen Zusammenhang von Zeit und Geschwindigkeit haben, wenn es darum geht eine gewisse Distanz zu ermitteln ( $\text{Distanz} = \text{Zeit} \times \text{Geschwindigkeit}$ ). Dass aber hingegen die aufgewendete Zeit einer Division der zurückgelegten Distanz durch die Geschwindigkeit entspricht, konnte erst die Stichprobe der zehnjährigen Kinder korrekt ermitteln ( $\text{Zeit} = \text{Distanz} / \text{Geschwindigkeit}$ ). Wiederum verstanden sogar die Erwachsenen nicht, dass sich Geschwindigkeit aus der Division von zurückgelegter Distanz durch die aufgewendete Zeit ergibt ( $\text{Geschwindigkeit} = \text{Distanz} / \text{Zeit}$ ).

Diese Befunde zeigen deutlich, dass es *den* funktionalen Zusammenhang von Zeit, Distanz und Geschwindigkeit nicht gibt, sondern dass je nach erfragter Dimension die Karten neu gemischt werden. Im eben dargestellten Fall ist eine deutliche Entwicklungslinie ermittelbar, die aber im Rahmen anderer physikalischer Zusammenhänge nicht so einfach sichtbar wird. So lösen Vorstellungen bezüglich der Bewegung unbelebter Objekte klassischerweise solch resistente, altersunabhängige Miss- oder Fehlkonzepte aus, die an dieser Stelle näher durchleuchtet werden sollen.

### **2.3.1. Impetus versus Gravitation**

Während Menschen und Tiere den Beginn, die Richtung und die Geschwindigkeit ihrer Bewegungen im Rahmen ihrer Kräfte selber bestimmen können, gilt Ruhe als Normalzustand unbelebter Objekte. Um zu erklären, dass Unbelebtes sich unter gewissen

Umständen aber eben doch bewegen könne, wurde lange die so genannte Impetustheorie herangezogen, die wiederum auf der Aristotelischen Physik basiert. Der mittelalterlichen Impetustheorie liegt die Idee zugrunde, dass einem Objekt Kraft übertragen werden könne, so dass ebendieses Objekt sich auch dann weiterbewege, wenn diese äussere Kraft nicht mehr in direktem Kontakt mit dem Objekt selbst stehe. Diese Kraft oder eben dieser Impetus brauche sich mit der Zeit dann auf, was wiederum die Verlangsamung von Wurfgeschossen erkläre; ist die Kraft schlussendlich ganz aufgebraucht, falle das Objekt senkrecht zu Boden (vgl., Bödeker, 2006; Fieberg, 1998; Wolff, 1978).

Halloun und Hestenes (1985) konnten aufzeigen, dass diese veraltete Theorie auch noch heute herangezogen wird, um bestimmte Bewegungsvorgänge zu erklären. So zeigte sich in ihren Untersuchungen zu Vorstellungen über Kraft und Bewegung, dass über 60% der knapp 500 befragten Physikstudenten Antworten im Sinne der Impetustheorie lieferten. Und als Clement (1982, 1983) wiederum Aufgaben rund um eine vertikal nach oben geworfene Münze stellte, nahmen über 80% der befragten Studierenden der Ingenieurwissenschaft an, dass auch nach dem Loslassen der Münze eine aufwärts wirkende Kraft erlaube, dass sich das Geldstück weiter nach oben bewege. Die Münze falle schlussendlich nur zu Boden, weil sich diese Kraft kontinuierlich verringere, so dass ab einem gewissen Punkt die Schwerkraft der Erde stärker sei als der aufwärts treibende Impetus. Namentlich seien im Scheitelpunkt der Münzbewegung beide in entgegengesetzter Richtung wirkende Kräfte gleich, so dass ein kaum merklicher Moment des Stillstandes eintrete. Danach nehme die Gravitation überhand, so dass die Münze zu Boden falle. Diese Ansicht wurde auch von etwas mehr als 70% jener Probanden geteilt, die vor der Befragung einen Kurs in klassischer Mechanik absolviert hatten. Sollten die Befragten dieses Zusammenspiel physikalischer Kräfte schematisch aufzeichnen, wurden oftmals Pfeile benutzt, die einerseits eine sich verringernde, nach oben gerichtete Kraft darstellten und die andererseits einer sich verstärkenden, nach unten gerichteten Kraft gegenüberstanden. Dies im Gegensatz zur korrekten Erklärung, die nur eine nach unten gerichtete Kraft darstellen dürfte; namentlich jener der Erdanziehungskraft (Abbildung 8). Solche Fehl- oder Misskonzepte sind typischerweise in Fragen der Intuitiven oder Naiven Physik zu finden (Anderson, 1983a; McCloskey, 1983a, 1983b respektiv Hayes, 1979, 1985).<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Im Rahmen der pädagogischen Psychologie werden Misskonzepte auch als *alternative conceptions* (Dykstra, Boyle, & Monarch, 1992; Kuiper, 1994) bezeichnet; für Intuitive Physik sind in der Literatur wiederum auch die Begriffe *folk physics* (Dennett, 1991) oder schlicht *everyday cognition* (Schliemann, Carraher, & Ceci, 1997) zu finden (vgl., Bödeker, 2006). In



Interessanterweise wird aber die Anomalität einer Bewegungsbahn erkannt, wenn sie tatsächlich gemäss solcher falschen Theorien dargeboten wird (Proffitt & Gilden, 1989). Ebenso wird die Bewegung eines Objektes im freien Fall nur dann als natürlich betrachtet, wenn dabei eine natürliche Beschleunigung stattfindet (Shannon, 1976). Obwohl also bei der expliziten Erläuterung von physikalischen Gesetzmässigkeiten rund um die Auswirkung der Erdanziehung auf unbelebte Objekte deutliche Misskonzepte auftreten, scheinen implizite motorische und sensorische Mechanismen vorhanden zu sein, die uns dann doch ein praktisches Verständnis für den Zusammenhang von Gravitation und Objektbewegung ermöglichen (Howard, 1982; Schone, 1984). Dieses basale Verständnis scheint bereits in einem sehr frühen Alter vorhanden zu sein (Kim & Spelke, 1999).

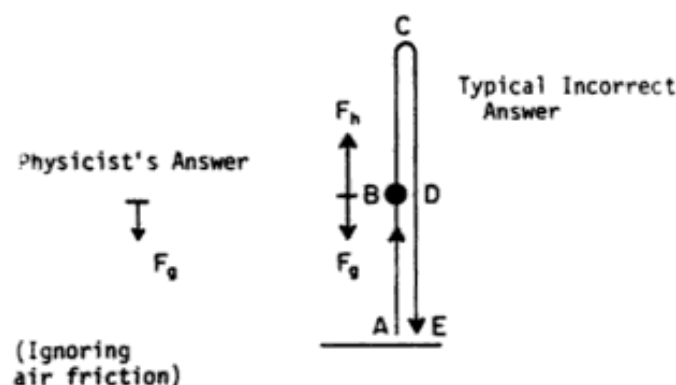


Abbildung 8. Korrekte (links) und falsche (rechts) Erklärung bezüglich den Kräften, die auf eine vertikal nach oben geworfene Münze einwirken (Clement, 1983, S. 327).

Zusammenfassend lassen sich zwei Punkte festhalten. Erstens hat das weit verbreitete Vorhandensein des beschriebenen Misskonzeptes keinen Einfluss auf die Erwartung, die an sich aufwärts bewegende Objekte gerichtet wird. Egal ob aufgrund des sich degenerierenden Impetus oder aufgrund der Erdanziehungskraft wird davon ausgegangen, dass eine aufwärtsgerichtete Bewegung sich verlangsamt. Zweitens wird korrekterweise davon ausgegangen, dass eine abwärtsgerichtete Bewegung wie jene des freien Falles kontinuierlich an Geschwindigkeit zunimmt. Beide Umstände sollen in der vorliegenden Arbeit zur Untersuchung des vermeintlichen Einflusses einer *imputed motion* auf den Tau- und den Kappa-Effekt nutzbar gemacht werden.

---

allen Fällen ist aber die Gesamtheit des nicht auf formale Belehrung zurückgehenden Alltagswissens über die physikalische Welt gemeint (Krist, 2004).

### 2.3.2. Senkrechte Darbietung

Die wichtigsten Studien der Forschergruppe rund um John Cohen, die mit dem Terminus Kappa-Effekt auch als Namensgeber für den Einfluss der Rauminformation auf ein Zeiturteil fungierten, wurden in der vorliegenden Arbeit im Zusammenhang mit Reihenfolgeneffekten bereits kritisch analysiert (Cohen & Cooper, 1962; Cohen et al., 1963, 1954, 1955). An dieser Stelle soll, jenseits jeglicher Methodenkritik und auf der Basis des vorangehenden Kapitels, auf einen Gedanken eingegangen werden, der für die Untersuchung der Rolle der Bewegung im Zusammenhang mit dem Tau- und dem Kappa-Effekt überaus fruchtbar erscheint.

Cohen Hansel und Sylvester (1955) boten ihren Versuchspersonen in einem ansonsten dunklen Raum drei sukzessive Lichtreize dar. Die Gesamtspannbreite der Darbietung betrug  $7^\circ$ , wobei die Distanz zwischen dem ersten und dem zweiten Stimulus ( $R_1$ ), beziehungsweise dem zweiten und dem dritten Stimulus ( $R_2$ ) gleich sein oder aber im Verhältnis eins zu drei respektiv drei zu eins aufgeteilt sein konnte. Das zeitliche Intervall zwischen dem ersten und dem dritten Stimulus ( $Z_1 + Z_2$ ) mass in allen Bedingungen 1.5 Sekunden, wobei aber das zeitliche Intervall zwischen dem ersten und dem zweiten ( $Z_1$ ) beziehungsweise zwischen dem zweiten und dem dritten Stimulus ( $Z_2$ ) hingegen variabel war. Die Versuchspersonen sollten den mittleren Stimulus in zeitlicher Hinsicht so justieren, dass die beiden zeitlichen Intervalle (also  $Z_1$  und  $Z_2$ ) gleich erschienen. Hierbei zeigte sich ein deutlicher Kappa-Effekt, namentlich wurde beispielsweise beim Raumverhältnis drei zu eins das erste zeitliche Intervall zugunsten des zweiten zeitlichen Intervalls verlängert. Cohen et al. (1955) umschreiben diesen Effekt wie folgt:

The subject allots a shorter time interval to the larger distance because a time interval physically equal to that allotted to the shorter distance would seem to him longer (S. 369).

In der Tat zeigte sich der gesuchte Effekt nur, wenn das Verhältnis der ersten zur zweiten räumlichen Distanz unterschiedlich war, also eins zu drei oder umgekehrt drei zu eins betrug. Waren beide Distanzen gleich, zeigte sich kein Effekt. Die Stärke des Effekts hing aber wiederum von der Richtung der Darbietung ab. Die sukzessive Abfolge der drei Lichtreize konnte so eingestellt werden, dass eine Bewegung von links nach rechts oder umgekehrt von rechts nach links induziert werden konnte. Ebenso konnte durch vertikale

Anordnung eine nach unten oder eine nach oben gerichtete Bewegung suggeriert werden. Die nachfolgende Tabelle liefert einen Überblick der unterschiedlichen Effekte; im Sinne eines Lesebeispiels wird die linksgerichtete Bewegung näher erläutert.

In der Studie von Cohen et al. (1955) wirkte die Zeitspanne, die der kleineren Distanz entsprach, dann gleich wie jene, die der grösseren Distanz entsprach, wenn sie im Mittel auf 0.815 Sekunden eingestellt wurde. Umgekehrt wirkte die Zeitspanne, die der grösseren Distanz entsprach gleich wie die Zeitspanne, die der kleineren Distanz entsprach, wenn diese im Mittel auf 0.685 Sekunden justiert wurde. Da es sich in beiden Fällen um die erste Distanz (also  $R_1$ ) handelte, kann daraus eine Differenz ermittelt werden, die bei der Bewegung von links nach rechts 0.13 Sekunden beträgt. Die Autoren betrachten diese Differenz als Vergleichsmass für die Ausprägung des Effekts.

Tabelle 1

*Mittelwerte der zeitlichen Intervalle in Abhängigkeit von der induzierten Bewegungsrichtung der drei Lichtreize (nach Cohen et al., 1955, S. 367 sowie S. 371)*

Verhältnis von $R_1$ zu $R_2$	Position von $R_1$ (Bewegungsrichtung)			
	links (nach rechts)	rechts (nach links)	oben (nach unten)	unten (nach oben)
1/3 ( $R_1$ kleiner als $R_2$ )	0.815	0.805	0.835	0.775
3/1 ( $R_1$ grösser als $R_2$ )	0.685	0.695	0.665	0.725
Verhältnisse 1/3 – 3/1	0.13	0.11	0.17	0.05

Während die Bewegung von links nach rechts (0.13 Sekunden) und jene von rechts nach links (0.11 Sekunden) sich kaum unterscheiden, ist die Differenz zwischen der Bewegung nach unten (0.17 Sekunden) und jener nach oben (0.05 Sekunden) zwar immer noch klein, im Vergleich aber doch deutlich grösser (namentlich 0.02 Sekunden vs. 0.12 Sekunden). Wenn auch die Autoren diese Unterschiede statistisch nicht untermauern und weiterhin das Problem der Reihenfolgeeffekte bei der Darbietung dreier Reize mitschwingt, liefert die Variation der Darbietungsrichtung einen interessanten Ansatz, der in der vorliegenden Arbeit aufgegriffen und systematisch untersucht werden soll.

## 2.4. Methodische Implikationen

Um an dieser Stelle ein zusammenfassendes Fazit der vorgestellten empirischen Untersuchungen und theoretischen Ansätze liefern zu können, sei Folgendes vorausgeschickt. In der vorliegenden Arbeit werden räumliche Distanzen und zeitliche Intervalle

- (1) anhand von nur zwei sukzessiven Stimuli evoziert,
- (2) die horizontal, diagonal oder vertikal ausgerichtet sein können,
- (3) die zeitlich insgesamt nicht länger als 3 Sekunden andauern
- (4) und die räumlich den Sehwinkel von 30° nicht überschreiten.

Die unter dem ersten und dem dritten Punkt subsumierte methodische Entscheidung ist aufgrund folgender Überlegungen entstanden: Das Postulat von Ono (1976), demnach der Tau- und der Kappa-Effekt nichts Weiteres als spezifische Fälle von negativen TOE, also negativen Zeitfehlern nach Fechner (1860), seien, kann durch die Arbeiten von Price-Williams (1954) problemlos widerlegt werden. Obwohl aber der genannte Autor den Kappa-Effekt anhand von nur zwei Stimuli evozieren konnte, wurden ansonsten nur Darbietungen verwendet, die mit drei (Bill & Teft, 1969, 1972; Cohen et al., 1953, 1955; Parks, 1968) oder gar acht Stimuli (Berberian et al, 2007; Jones & Huang, 1982; Huang & Jones, 1981, 1982; Sarrazin et al., 2004, 2005, 2007, 2008) operierten und somit dem negativen Zeitfehler ausgesetzt waren.

Das Konzept der *absoluten Eindrücke* nach Vittorio Benussi (1913) vermag dieses Problem zwar zu umgehen, es setzt aber auch gewisse Schranken. Ein absoluter Eindruck entsteht, wenn eine bestimmte Dauer ohne Hinzuziehung eines Vergleichsreizes quantifiziert werden kann. Solche Urteile sind im Bereich der *anschaulich erfassbaren Zeiten*, also im Bereich der phänomenologischen Gegenwart, am präzisesten. Voraussetzung ist aber wiederum, dass das zu beurteilende Zeitintervall mindestens 90 Millisekunden andauert, wobei die Obergrenze 2070 Millisekunden betragen müsste. Sie müsste also faktisch mit jenem zeitlichen Bereich deckungsgleich sein, das später anhand neuropsychologischer Verfahren auf maximal drei Sekunden ausgeweitet und von Ernst Pöppel als „subjective present“ (1997, S. 56) bezeichnet wird. Ergo ist die Evozierung des Tau- und des Kappa-Effekts nur dann vorbehaltlos anhand von zwei Stimuli möglich, wenn diese von einem zeitlichen Intervall getrennt werden, das nicht wesentlich mehr als zwei Sekunden beträgt. Da beide Effekte bereits im Millisekundenbereich quantifiziert wurden (vgl., Bill & Teft, 1972; Cohen et al., 1953; Huang & Jones, 1982), stellt diese flankierende Massnahme aber kein Problem dar. In räumlicher Hinsicht bildet das Vermeiden einer Kopfbewegung eine analoge Restriktion; womit wir beim vierten Punkt angelangt sind.

Aufmerksamkeit kann auch dann vorhanden sein, wenn die Augen ein Objekt nicht explizit fixieren, sondern nur peripher erfasst haben. Hierbei spricht man nach Posner und Kollegen (Posner, 1980; Posner, Nissen & Ogden, 1975; Posner, Snyder & Davidson, 1980) von verdeckter Aufmerksamkeit. Dieser Umstand muss im Rahmen der Untersuchung von Bewegung als Ursache für den Tau- und den Kappa-Effekt nutzbar gemacht werden. Die Stimulation der semizirkulären Kanäle des vestibulären Systems

oder die Aktivierung von Reafferenz (Von Holst, 1954; Von Holst & Mittelstaed, 1959) bergen Gefahr, die Signale, die dem visuellen System dadurch zur Verfügung gestellt werden, zu verfälschen. In diesem Sinne sollen die Stimuli innerhalb einer räumlichen Spannbreite dargeboten werden, die eine Bewegung des Kopfes unnötig machen.

Bleibt an dieser Stelle noch die Begründung für Punkt zwei zu liefern, den verschiedenen Ausrichtungen der einzelnen Darbietungen. Jones und Huang (1982) heben zwar hervor, dass der negative Zeitfehler bei einem Display von mehr als zwei Stimuli ein wesentliches methodisches Problem darstellt. Gleichzeitig verwenden sie aber zur Überprüfung der *imputed motion hypothesis* eine Darbietung bestehend aus acht sukzessiv aufleuchtenden Reizen. Durch die schrittweise Verkürzung oder Verlängerung der Intervalle zwischen den Lichtpunkten konnten sie eine Geschwindigkeitszunahme respektiv eine Geschwindigkeitsabnahme evozieren. Die Versuchspersonen sollten jeweils den räumlichen Abstand zwischen den letzten zwei Reizen einschätzen. Die Resultate von Jones und Huang (1982) scheinen, wie Abbildung 5 zeigt, eindeutig. Da aber die Einschätzung der Probanden immer nur das letztgesehene raumzeitliche Intervall betraf, kann eine systematische Überschätzung im Sinne des negativen Zeitfehlers nicht ausgeschlossen werden.

Zudem streichen Jones und Huang (1982) heraus, dass unter dem Terminus *imputed motion* keine effektiv sichtbare, sondern lediglich eine kognitiv erschlossene Bewegung zu verstehen sei; hierbei nehmen sie beispielsweise Bezug auf Cohen und Kollegen (1955), Collyer (1977) oder auch Mashour (1964). Es stellt sich aber nun die Frage, ob bei einer Darbietung bestehend aus acht sukzessiv aufleuchtenden Reizen, wie sie auch von Sarrazin und Kollegen (2004, 2005, 2008) verwendet wird, überhaupt etwas anderes gesehen werden kann als Bewegung. Zeigen – statt implizieren – die acht Lichtpunkte mit ihren kürzer oder länger werdenden zeitlichen Intervallen quasi nicht bereits eine unmissverständliche Bewegung, so dass gar keinen Platz für Interpretation bleibt?

So beantworten die Befunde von Jones und Huang (1982) nicht die Frage, die sie zu behandeln vorgeben. Namentlich vermögen die genannten Autoren implizierte Bewegung nicht als Ursache für den Effekt zu eruieren, sondern können lediglich aufzeigen, dass explizite Bewegung die Effekte beeinflussen kann. Anders verhält es sich bei der Nutzung von – korrektem oder falschem – Wissen bezüglich physikalischen Kräften. Wie im vorangehenden Kapitel erläutert, spielt es keine Rolle, ob die korrekte physikalische Gesetzmässigkeit oder die falsche mittelalterliche Impetustheorie herangezogen wird, um die Flugbahn von senkrecht nach oben geworfenen Objekten zu beurteilen; in beiden Fällen gehen Beobachter von einer stetigen Abnahme der Geschwindigkeit aus. Ebenso gehen bereits Neugeborene davon aus, dass ein nach unten fallendes Objekt an

Geschwindigkeit zunehme. Ob also in einem Display bestehend aus nur zwei Reizen tatsächlich Bewegung impliziert wird, kann lediglich durch die Variation der Ausrichtung der Darbietung geprüft werden. Denn bei nicht vorhandener Bewegungsinduzierung müssten die Effekte, unabhängig von deren Ausrichtung, gleich bleiben.

### **3. METHODISCHE EINFÜHRUNG**

Um ermitteln zu können, welche Rolle die phänomenologische Wahrnehmung von Bewegung für das Auftreten des Tau- und des Kappa-Effekts tatsächlich spielt, wurden drei Versuchsreihen durchgeführt. Die Versuchsanordnung sowie die Charakteristiken der Stimuli waren immer gleich und werden in den Kapiteln 3.1. (Technische Angaben und Versuchsanordnung) sowie 3.2. (Beschaffenheit der Stimuli) stellvertretend für alle Experimente erläutert. Der wesentliche Unterschied zwischen den drei Versuchsreihen bestand im Antwortformat, also in der Art der Urteilsabgabe. Die Antwort wurde entweder mittels einer digitalen Skala und der Computermouse (Versuchsreihe A), mittels einer Skala auf Papier (Versuchsreihe B) oder mittels Knopfdruck (Versuchsreihe C) geliefert. Diese drei Antwortformate werden in den Kapiteln 3.3.1. (Digitale Antwortskala), 3.3.2. (Antwortskala auf Papier) respektiv 3.3.3. (Antwort per Tastendruck) vorgestellt.

Der Grad der Bewegungsinduzierung wurde mittels Instruktion sowie mittels visuellen und akustischen Charakteristiken der Stimuli variiert. Darauf wird in den entsprechenden Methodenteilen der einzelnen Experimente spezifisch eingegangen, da nicht in allen Versuchsreihen dieselben Variationen angewendet wurden.

#### **3.1. Technische Angaben und Versuchsanordnung**

Sämtliche Untersuchungen innerhalb der Versuchsreihen A, B und C wurden an einem tragbaren Computer der Marke Acer, Typus TravelMate 4672LMi, mit einem Arbeitsspeicher von 1024 MB und einem Intel Core Duo T2300-Prozessor mit 1.66 Gigahertz durchgeführt. Der laptopeigene TFT LCD-Bildschirm verwendete eine ATI Mobility Radeon X1400-Graphikkarte und verfügte über eine Bildaktualisierungsrate von 60 Hertz. Der sichtbare Bereich des 15 Zoll Bildschirms wies eine Höhe von 22.8 Zentimeter und eine Breite von 30.5 Zentimeter auf; die sichtbare Bildschirmdiagonale mass wiederum 38 Zentimeter.<sup>10</sup> Bei einer Auflösung von 1400 x 1050 Pixel entsprach ein Pixel somit praktisch einem Quadrat mit einer Seitenlänge von etwa 0.21 Millimeter.

---

<sup>10</sup> Als Darbietungsfläche wurde faktisch, wie weiter unten detaillierter erläutert wird, nur ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 22.8 Zentimeter verwendet, was aber wiederum nur für die Programmierung der Stimuli, respektiv deren Positionierung auf dem Bildschirm, von Relevanz war. Da der Bildschirmhintergrund überhall dieselbe Farbe aufwies, hob sich diese quadratische Darbietungsfläche nicht vom restlichen Bildschirmhintergrund ab.

Die graphischen und akustischen Elemente der Experimente wurden mittels MatLab 7.0.1. programmiert. Hierbei handelt es sich um eine Software der Firma MathWorks Inc., die zusammen mit den Zusatzmodulen Cogent 2000 und Psychtoolbox 3 nicht nur die präzise Darbietung von Stimuli auf Computerbildschirmen ermöglicht, sondern unter anderem auch eine automatisierte Registrierung von Antworten vornehmen kann (Schweizer, 2007; Stein, 2007).

Die Versuche fanden jeweils in visuell reizarmen und akustisch gut von Nebengeräuschen abgeschirmten Räumen statt. Die Versuchspersonen saßen jeweils an einem Tisch, wobei ihre Oberkörper die ihnen zugewandte Kante der Tischplatte zu berühren hatten. Durch eine stufenlos regulierbare Halterung des tragbaren Computers wurde gewährleistet, dass sich die Mitte des Bildschirms bei jedem Probanden auf dessen Augenhöhe befand (unter Bildschirmmitte wird der Schnittpunkt der zwei Diagonalen verstanden, die die vier Bildschirmecken verbinden). Damit konnte sichergestellt werden, dass der Sehwinkel aller Teilnehmer in Bezug auf den Computerbildschirm und den dargebotenen Stimuli gleich war. Namentlich mass der Abstand zwischen dem Torso der Probanden und dem Computerbildschirm 80 Zentimeter. Die Darbietungsfläche des Bildschirms befand sich also innerhalb eines Sehwinkels von etwa 20° (auf die präzisen Masse wird weiter unten eingegangen). Ebenso wurde darauf geachtet, dass die Lichtverhältnisse für alle Teilnehmer gleich waren und dass die graphische Darbietung auf dem Bildschirm nicht durch Spiegelungen beeinträchtigt wurde. Erforderte die durchgeführte Versuchsbedingung zusätzlich die Darbietung eines akustischen Reizes, wurden tragbare Lautsprecher links und rechts des Bildschirms positioniert und auf 25% ihre Maximalleistung eingestellt. Hierbei handelte es sich um Lautsprecher der Marke JBL (Typus Duet), die über eine Impedanz von 5 Ohm und eine Ausgangsleistung von 12 Watt verfügten.

### **3.2. Beschaffenheit der Stimuli**

Wie eingehend beschrieben, wurden die räumlichen Distanzen und die zeitlichen Intervalle mittels zwei visuellen Reizen evoziert. Faktisch handelte es sich hierbei um ausgefüllte Kreise mit einem Durchmesser von 19 Pixel, also ungefähr 4.1 Millimeter (was bei einem Beobachtungsabstand von 80 Zentimeter einem Sehwinkel von etwas weniger als 0.3° entspricht). Der erste dieser Punkte war in allen Bedingungen rot, der zweite Punkt konnte hingegen je nach Bedingung rot oder blau sein. Die rote Farbe wies einen RGB-Wert von 255, 0, 0 (Hex-Wert FF0000) auf; die blaue Farbe hatte den diametral entgegengesetzten RGB-Wert von 0, 0, 255 (Hex-Wert 0000FF).



Zudem hatte die Helligkeit der Stimuli, unabhängig von ihrer Farbe, immer gleich zu sein. Namentlich kann die Helligkeit bei statischen Stimuli einen Einfluss auf die wahrgenommene Darbietungsdauer (Manahilov, Calvert & Simpson, 2003; Watson, 1986) und bei bewegten Stimuli wiederum einen Einfluss auf die wahrgenommene Geschwindigkeit (Vazari-Pashkam & Cavanagh, 2008) haben. Im Sinne eines Kontexteffektes konnte zudem Masin (2008) den Befund erhärten, dass die wahrgenommene Helligkeit eines Stimulus von der Helligkeit des Hintergrundes abhängt. Um auch auf dieser Ebene jegliche Interferenz zu vermeiden, wurde deshalb ein achromatischer Hintergrund mit einem RGB-Wert von 199, 199, 199 (Hex-Wert C7C7C7) verwendet. Dieser Bildschirmhintergrund wies eine Lichtstärke von etwa 90 cd/m<sup>2</sup> auf, was etwas dunkler als „ein weisses Papier auf einem gut ausgeleuchteten Büroschreibtisch“ ist (Henker, 2005, S. 145).

Mittels unterschiedlichen Positionen der Stimuli konnten verschiedene (vermeintliche) Bewegungsinduzierungen evoziert werden. Um beispielsweise einen freien Fall zu evozieren, erschien der erste Stimulus in der oberen linken oder der oberen rechten Bildschirmecke, während der zweite Stimulus vertikal nach unten versetzt erschien (mittlerer respektiv rechter Teil von Abbildung 9). Die entgegengesetzte Aufwärtsbewegung wurde evoziert, indem der erste Stimulus in der unteren linken Bildschirmecke positioniert war, während der zweite Stimulus in vertikaler Richtung oberhalb davon erschien (linker Teil von Abbildung 9). Die untere linke Bildschirmecke diente immer als einer der zwei Ausgangspunkte. Je nach Bedingung kam entweder die obere linke oder die obere rechte Bildschirmecke als zweiter Darbietungsausgangspunkt hinzu. Da diese Variation von der jeweiligen Fragestellung abhängig war, wird an den entsprechenden Stellen näher darauf eingegangen.

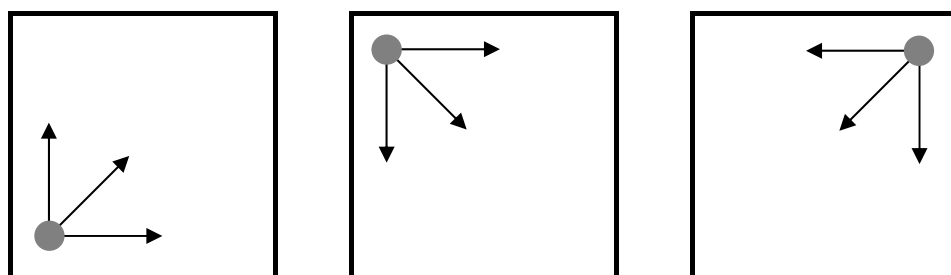
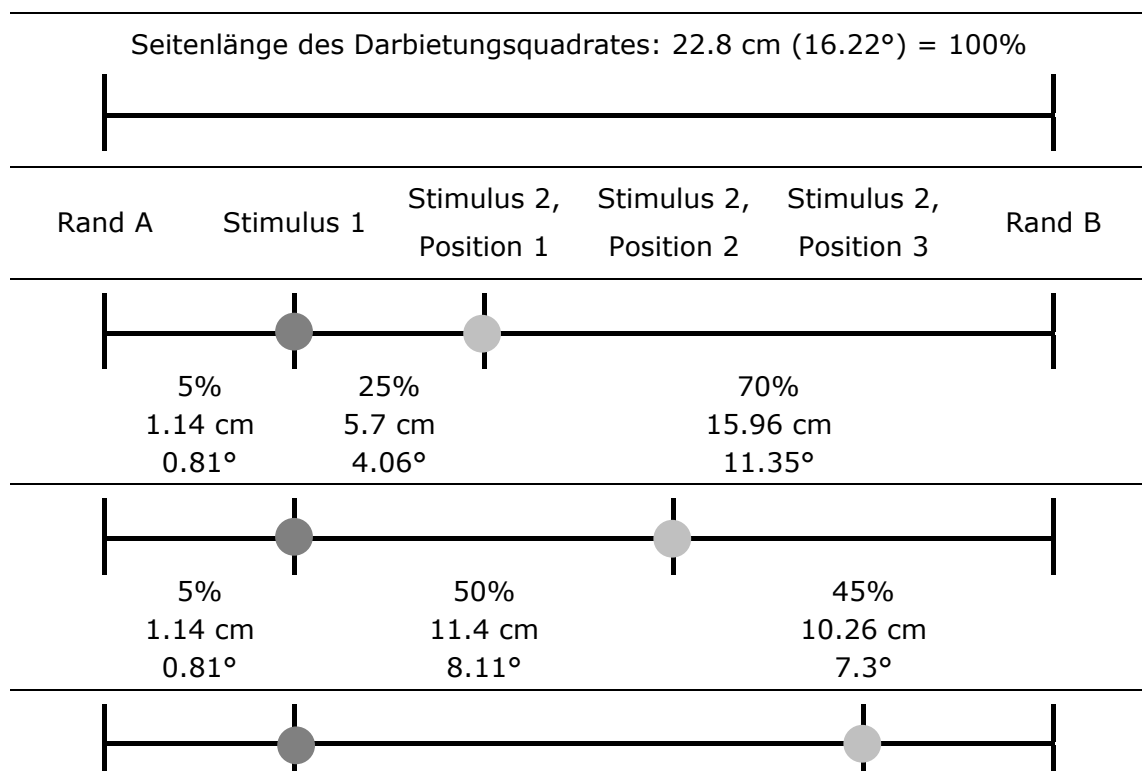


Abbildung 9. Die drei möglichen Ausgangspunkte der Darbietung. Die Pfeile deuten an, in welche Richtung der zweite Stimulus jeweils erscheinen konnte (vom ersten Stimulus aus betrachtet horizontal, diagonal mit einem Winkel von 45° oder vertikal).


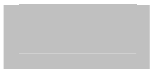
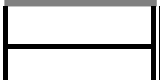
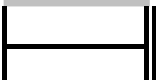
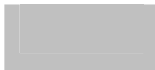
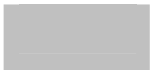

Für die Darbietung der Reize wurde, wie erwähnt, ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 22.8 Zentimeter verwendet (was der Höhe des Bildschirmes entsprach). Dieses Quadrat war in der horizontalen Mitte des Bildschirmes platziert, so dass links und rechts davon je 3.85 Zentimeter der Gesamtbildschirmbreite unbenutzt blieben. Der Abstand des Mittelpunktes des ersten Reizes zu den beiden nächstliegenden Rändern der Darbietungsfläche betrug 5% der Seitenlänge des Darbietungsquadrates (also 5% von 22.8 cm, sprich 1.14 cm oder 0.81°). Der zweite Stimulus konnte wiederum 5.7 Zentimeter (4.06°), 11.4 Zentimeter (8.11°) oder 17.1 Zentimeter (12.17°) in horizontaler, diagonaler oder vertikaler Richtung vom ersten Stimulus entfernt sein. Der Abstand zwischen dem ersten und dem zweiten Stimulus betrug also jeweils 25%, 50% oder 75% der Seitenlänge des Darbietungsquadrates. Abbildung 10 veranschaulicht diese Abstände schematisch. Das zeitliche Intervall war ebenfalls dreifach abgestuft und konnte entweder 600, 1200 oder 1800 Millisekunden betragen. Auf die entsprechende faktorielle Kombination wird weiter unten im Detail eingegangen.



5%	75%	20%
1.14 cm	17.1 cm	4.56 cm
0.81°	12.17°	3.24°

*Abbildung 10.* Masse der drei räumlichen Abstände zwischen dem ersten und des jeweils zweiten Stimulus sowie zu den jeweiligen Rändern der Darbietungsfläche (in Prozent, Zentimeter und Grad).

Bei gewissen Bedingungen konnte die visuelle Darbietung von akustischen Reizen begleitet werden. Sollte die Bewegungsinduzierung auch akustisch untermauert sein, setzte mit dem Erscheinen des ersten Stimulus ein Sinus-Ton ein, der erst mit dem Verschwinden des zweiten Stimulus wieder verstummte. Sollte hingegen akustisch untermauert werden, dass keine Bewegung vorhanden sei, waren zwei verschiedene Töne zu hören. In diesem Falle setzte der erste Ton mit dem Erscheinen des ersten visuellen Stimulus ein und verstummte bei dessen Verschwinden. Der zweite Ton setzte wiederum erst beim Erscheinen des zweiten visuellen Reizes ein und verstummte ebenfalls bei dessen Verschwinden. Während dem zeitlichen Intervall zwischen den zwei Reizen war also nichts zu hören.

Bedingung	Signal	erster Stimulus	zeitliches Intervall (leerer Bildschirm)	zweiter Stimulus
ohne Induzierung von Bewegung	visuell			
	akustisch			
mit Induzierung von Bewegung	visuell			
	akustisch			

*Abbildung 11.* Schematische Darstellung des akustischen Begleittones bei visuellen Stimuli mit und ohne Bewegungsinduzierung. <sup>11</sup>

Wie weiter unten genauer erläutert wird, dauerte die Darbietung eines einzelnen Stimulus jeweils 300 Millisekunden. Das zeitliche Intervall konnte wiederum 600, 1200 oder

<sup>11</sup> Die grau gefärbten Felder geben quasi die Dauer der Stimulisichtbarkeit wieder. Mittels einfachem vertikalen Strich wird das Einsetzen und mittels doppeltem vertikalen Strich das Verstummen des Begleittones dargestellt. Wie die Farbe des visuellen Stimulus sind in der Bedingung ohne Induzierung von Bewegung auch die Töne verschieden.

1800 Millisekunden dauern. Das heisst, dass in der Bedingung ohne Bewegungsinduzierung (oberer Teil von Abbildung 11) zwei verschiedene Töne mit einer Dauer von je 300 Millisekunden zu hören waren. Der eine Ton hatte eine Frequenz von 220 Hertz, der andere eine Frequenz von 440 Hertz (beide Töne hatten eine Amplitude von etwa 0.75). In der Bedingung mit Bewegungsinduzierung war hingegen nur ein einzelner Ton mit einer Länge von 1200, 1800 oder 2400 Millisekunden zu hören (also die Summe der zwei Stimulidarbietungszeiten, 600 ms, plus das entsprechende zeitliche Intervall von 600, 1200 oder 1800 ms). Dieser hatte eine Frequenz von 220 Hertz und eine Amplitude von etwa 0.75.

### **3.3. Variation der Antwortformate**

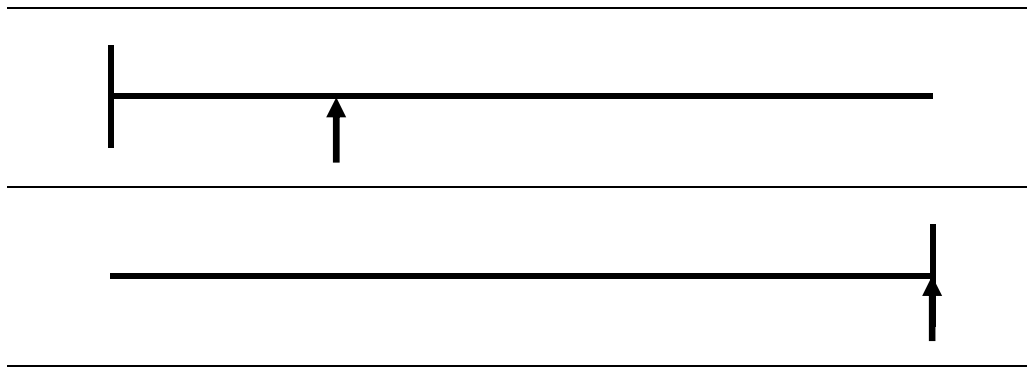
An dieser Stelle sollen die drei Antwortskalen vorgestellt werden, die den wesentlichen Unterschied zwischen den drei Versuchsreihen ausmachten. Die entsprechenden Versuchsabläufe werden in den jeweiligen Methodenteilen der einzelnen Versuche erläutert.

#### **3.3.1. Digitale Antwortskala (Versuchsreihe A)**

Genau eine Sekunde nach dem Verschwinden des zweiten Stimulus, also nach dem Ende eines Trials, erschien zwecks Urteilsabgabe eine horizontale Skala auf dem Computerbildschirm. Diese war in der vertikalen Mitte des Bildschirmes positioniert und entsprach der Gesamtbreite der Darbietungsfläche, also 22.8 Zentimeter oder 16.22°. Der Nullpunkt der Skala war in Form eines vertikalen Balkens mit einer Höhe von etwas mehr als einem Zentimeter (50 Pixel, ca. 1.5°) gekennzeichnet. Dieser konnte sich, je nach Bedingung, auf der linken oder rechten Seite der Skala befinden. An dieser Stelle befand sich jeweils auch der bewegbare Zeiger der Computermouse, der zwecks Abgabe der Urteile horizontal verschoben werden konnte (dieser Zeiger war so programmiert, dass er nur nach links und rechts bewegbar war). Sobald der Proband den Zeiger richtig positioniert hatte, konnte er mittels linker Maustaste sein Urteil abliefern wobei die Antwort automatisch vom System registriert wurde. Nach jeder Urteilsabgabe erschien jeweils umgehend ein Fixationskreuz<sup>12</sup> um den Probanden auf den nächsten Trial aufmerksam zu machen (für einen Überblick zur zeitlichen Abfolge siehe Tabelle 3).

---

<sup>12</sup> Das dargebotene Fixationskreuz erschien jeweils in der Bildschirmmitte und war in schwarzer Farbe gehalten (RGB-Wert 0, 0, 0; Hex-Wert 000000). Dessen horizontale und vertikale Linien hatten eine Länge von je 15 Pixeln (dies entspricht ca. 3 mm oder einem Sehwinkel von ungefähr 0.2 Grad).



*Abbildung 12.* Stufenlose Urteilsskalen mit Nullpunkt auf der linken oder der rechten Seite (oberer respektiv unterer Teil der Abbildung).

Um Deckeneffekte zu vermeiden, das Ende der Skala nicht durch einen vertikalen Strich begrenzt, sondern visuell sozusagen nach oben offen (Abbildung 12). Zudem war die Länge der Skala um 5.7 Zentimeter respektiv um 4.05° länger als die längste Distanzdarbietung von 17,1 Zentimeter (12.17°). Demzufolge verhinderte die Länge der Skala auch bei der längsten Distanz nicht die Wiedergabe eines allfälligen Effekts. Auch lieferte die Skala keine numerischen Hinweise, also auch nicht faktisch zählbare Unterteilungen wie auf einem Lineal oder dergleichen. Eine solche stufenlose Skala ist nicht imperativ, birgt aber gemäss Anderson (2008) grosse Vorteile:

Most applications of functional measurement have used rating scales. Graphic rating, historically the most popular (Guilford, 1954), is preferred for the most careful work because it avoids likely number preferences with numerical or categorical formats. It also seems more suitable for children [...]. Graphic scales have become popular as 'visual analog scales' (see e.g., Van Acker, Theuns, Hofmans & Mairesse, 2007; Williams, Davies & Chadury, 2000). (S. 390)

Aus diesen Gründen wurde eine quasi nach oben offene, graphische Skala ohne jegliche Form von Unterteilung gewählt, deren Antwortregistrierungsspanne zwischen 0 und 250 Einheiten betrug.

### **3.3.2. Antwortskala auf Papier (Versuchsreihe B)**

Die Versuchspersonen, die an Versuchsreihe B teilnahmen, gaben ihre Urteile ebenfalls anhand einer stufenlosen Skala wie jene in Versuchsreihe A respektiv Abbildung 12 ab. Unterschied war, dass diese Skala auf ein weisses DIN A4-Blatt gedruckt war und dass das Urteil von der Versuchsperson jeweils mittels Schreibwerkzeug direkt auf die gedruckte Skala eingezeichnet wurde. Nach Beendigung eines Versuches wurden die Antworten vom Versuchsleitenden auf den Millimeter genau von Hand ausgemessen und

in eine vorgefertigte Computerdatei eingegeben. Um eine direkte Vergleichbarkeit zu gewährleisten, war auch die gedruckte Skala 250 Einheiten, ergo 250 Millimeter, breit.

Die Probanden erhielten einen Stapel mit 108 Blättern plus 20 weitere Blätter für die Probetrials. Nachdem sie eine Darbietung verfolgt hatten, trugen sie ihr Urteil auf der obersten Skala des Papierstapels ein, legten diese beiseite, so dass sie die nächste leere Skala vor sich liegen hatten, und lösten mittels Betätigung der Leertaste auf der Computertastatur den nächsten Trial aus. Auch in dieser Versuchsreihe wurde jeder Trial mit der Darbietung eines Fixationskreuzes eröffnet. Um bei Kindern die Ablenkungsgefahr zu minimieren, übernahm aber der Versuchsleitende den eben beschriebenen Ablauf.

### **3.3.3. Antwort per Tastendruck (Versuchsreihe C)**

In dieser letzten Versuchsreihe konnten die Probanden nach dem Verschwinden des jeweils zweiten Stimulus, ergo nach dem Ende eines Trials, ihr Zeit- oder Raumurteil mittels Betätigung der Leertaste der Computertastatur abgeben. Im Rahmen des Kappa-Effekts sollten sie das zeitliche Intervall mittels besagter Taste reproduzieren, die Taste also so lange wie das zeitliche Intervall selbst gedrückt halten. Diese Prozedur ist mit dem Drücken der Morsetaste im Experiment zum Kappa-Effekt von Price-Williams (1954) vergleichbar.

Im Rahmen des Tau-Effekts begann sich mit dem Tastendruck (je nach Bedingung von links nach rechts oder von rechts nach links) ein horizontaler Strich aufzubauen, der bezüglich Aussehen mit der stufenlosen Skala verglichen werden kann. Sobald die Versuchsperson die Leertaste wieder losliess, stoppte dieser Strich sozusagen sein Wachstum. Die Probanden sollten die Taste jeweils so lange gedrückt halten, bis der erscheinende und wachsende Strich die Länge des räumlichen Abstandes angenommen hatte, dass sie eben wahrgenommen hatten. Die Aufbaurate des Striches konnte per Voreinstellung entweder auf 20 oder auf 80 Millimeter pro Sekunde festgelegt werden. Das Antwortformat für beide Dimensionen war also 1 zu 1 vergleichbar. Nach Abgabe des Urteils leitete das Fixationskreuz den nächsten Trial ein.

## **3.4. Faktorielle Kombinationen und zeitliche Abfolge**

Jede Versuchsperson durchlief, unabhängig von der Bedingung, 20 Probetrials gefolgt von insgesamt 108 randomisierten Experimentaltrials. Wie Tabelle 2 zu entnehmen ist, ergibt sich diese Anzahl aus der Kombination der drei räumlichen Abstände, der drei zeitlichen Intervalle, der drei Darbietungsausrichtungen, der zwei Ausgangspunktkombinationen und der Messwiederholung.

Tabelle 2

*Kombination der within-Faktoren der eigenen Untersuchung*

	räumliche Abstände	zeitliche Intervalle	Darbietungs- ausrichtung	Ausgangspu- unkte	Messwiederho- lung	Total
	<b>3</b>	<b>x 3</b>	<b>x 3</b>	<b>x 2</b>	<b>x 2</b>	<b>=108</b>
Stufen	(a) 4.06°	(a) 600 ms	(a) horizontal	(a) links unten & links oben (b) links unten & rechts oben		
	(b) 8.11°	(b) 1200 ms	(b) diagonal			
	(c) 12.17°	(c) 1800 ms	(c) vertikal			

Nach demselben Muster wurden vom Computerprogramm auch 20 Probetrials generiert, die den Versuchspersonen nach der bedingungsspezifischen Instruktion in zwei Blöcke à zehn Trials dargeboten wurden.<sup>13</sup> Im Laufe der Probetrials bestand die Möglichkeit, allfällige Fragen zu beantworten oder Unklarheiten zu besprechen. Waren alle Fragen geklärt, begann das eigentliche Experiment. Die 108 Experimentaltrials waren in sechs Blöcke à 18 Trials aufgeteilt, die jeweils von einer Pause von 60 Sekunden unterbrochen wurden. Je nach Bedingung und Alter der Stichprobe dauerte eine Erhebung insgesamt zwischen 20 und 40 Minuten. Die beschriebene chronologische Abfolge lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- (1) Begrüssung, Aufnahme der demographischen Daten und mündliche Instruktion durch den Versuchsleitenden.
- (2) Erster Block à zehn Probetrials in Anwesenheit des Versuchsleitenden. Im Anschluss Möglichkeit Fragen zu stellen.
- (3) Zweiter Block à zehn Probetrials in Anwesenheit des Versuchsleitenden. Im Anschluss letzte Möglichkeit Fragen zu stellen.
- (4) Erster Block à 18 Experimentaltrials in Anwesenheit des Versuchsleitenden, danach Pause von 60 Sekunden.
- (5) Je nach Bedingung und Altersklasse nutzte der Versuchsleitende diese erste Pause, um den Versuchsraum zu verlassen.
- (6) Weitere fünf Blöcke à je 18 Experimentaltrials, die jeweils von einer Pause

<sup>13</sup> Die mündliche Instruktion wurde in bestimmten Fällen durch bedingungsspezifische Farbbilder auf separaten Computerausdrucken unterstützt; diese Bilder werden in den entsprechenden Methodenteilen gezeigt. Eine bildliche Veranschaulichung erwies sich vor allem bei jüngeren Probanden als nützlich oder gar als nötig.

von (mindestens) 60 Sekunden unterbrochen wurden.<sup>14</sup>

- (7) Das Computerprogramm zeigt das Ende der Untersuchung an. Im Anschluss Nachbesprechung, Belohnung und Verabschiedung.

---

<sup>14</sup> Den Teilnehmenden wurde ausdrücklich gesagt, dass sie sich so viel Zeit lassen dürfen wie nötig. Sie konnten zwischen den Blöcken auch eine jeweils längere Pause einschalten als die vorgegebenen 60 Sekunden. Wie die Videoaufnahmen zeigen, wurde diese Möglichkeit aber praktisch nie genutzt.



Tabelle 3

*Zeitliche Abfolge eines Experimentaltrials, wobei diese zur Veranschaulichung anhand von drei konsekutiven Trials erläutert wird (vollständig ist Trial n in der Tabellenmitte)*

Trial		Darbietungselement	Darbietungsdauer
n-1	d	zweiter Stimulus	300 ms
	e	reizfreier/leerer Computerbildschirm	1000 ms
	f	bedingungsabhängige Urteilsabgabe	keine zeitliche Beschränkung
n	a	Fixationskreuz in Bildschirmmitte	2000 ms
	b	erster Stimulus	300 ms
	c	zeitliches Intervall (leerer Bildschirm)	600 ms, 1200 ms oder 1800 ms
	d	zweiter Stimulus	300 ms
	e	reizfreier/leerer Computerbildschirm	1000 ms
	f	bedingungsabhängige Urteilsabgabe	keine zeitliche Beschränkung
	a	Fixationskreuz in Bildschirmmitte	2000 ms
n+1	b	erster Stimulus	300 ms
	c	zeitliches Intervall (leerer Bildschirm)	600 ms, 1200 ms oder 1800 ms

**Anmerkung:** Je nach Versuchsreihe gestaltet sich der Übergang vom letzten Schritt eines Trials (f) zum jeweils ersten Schritt des darauf folgenden Trials (a) anders. Namentlich wurde in Versuchsreihe A (digitale Skala) die Darbietung des Fixationskreuzes durch das Abgeben eines Urteils mittels Maustaste ausgelöst. In Versuchsreihe B (Skala auf Papier) erschien das Fixationskreuz erst nachdem der Proband durch einmaliges Drücken der Leertaste kundgetan hatte, dass sein Urteil auf Papier festgehalten war sowie dass eine neue, leere Skala vor ihm lag. Und in Versuchsreihe C (Antwort per Tastendruck) wurde das Fixationskreuz eingeblendet, wenn der Proband die Leertaste losgelassen und somit seine Urteilsabgabe beendet hatte.

Vor jedem Trial war während zwei Sekunden das Fixationskreuz zu sehen. Die Probanden wurden instruiert ihren Blick auch dann auf diese Stelle zu richten, wenn das Fixationskreuz verschwunden war.<sup>15</sup> Der erste Stimulus erschien jeweils zeitgleich mit dem Verschwinden des Fixationskreuzes und war während 300 Millisekunden zu sehen. Zwischen dem Verschwinden des ersten Stimulus und dem Erscheinen des zweiten

<sup>15</sup> Die Dimension der Darbietungsfläche erlaubte, wie erwähnt, die präzise Wahrnehmung aller Stimuli auch ohne die Augen in deren Richtung bewegen zu müssen. Durch dieses extrafoveales Sehen sollte vermieden werden, dass aufgrund der so genannten Trägheit des Auges und der damit verbundenen Persistenz visueller Informationen die Stimuli ein Bildnacheffekt produzierten, das wiederum die Urteile auf unerwünschte Weise beeinflussen konnte (vgl., Frishman, 2001; Kean & Lambert, 2003).

Stimulus verstrichen, wie bereits beschrieben, 600, 1200 oder 1800 Millisekunden. Danach war auch der zweite Stimulus während 300 Millisekunden zu sehen. Je nach Bedingung erschien nach dessen Verschwinden die oben beschriebene digitale Skala auf dem Bildschirm oder aber der Bildschirm blieb, zwecks anderer Formen der Urteilsabgabe, (vorerst) leer. Auch der Übergang zum nächsten Trial, jeweils wieder eingeleitet durch das Fixationskreuz, war abhängig von der Bedingung und wird deshalb an den entsprechenden Stellen genauer erläutert. In Bedingungen, die keine Anwesenheit eines Versuchsleitenden erforderten, wurden die Probanden, nach deren mündlichen Einwilligung, auf Videoband aufgenommen. Die Kamera wurde so platziert, dass sie das Gesicht der Probanden frontal erfassen konnte ohne Teil ihres unmittelbaren Sichtfeldes zu sein (Leuchtdioden wurden mit Klebestreifen abgedeckt). Auf diese Weise konnte mittels Videoband nachträglich eruiert werden, ob die Probanden während des Experiments aufmerksam gearbeitet hatten oder nicht. Probanden, die während der Darbietung nicht auf den Bildschirm schauten, wurden aus der entsprechenden Stichprobe ausgeschlossen. Dies war aber nur in sehr wenigen Fällen nötig und wird an den entsprechenden Stellen der vorliegenden Arbeit festgehalten. Alle Aufnahmen wurden nach deren Sichtung gelöscht beziehungsweise überspielt.

### **3.5. Statistische Hintergrundinformationen**

Die intervallskalierten Faktoren Raum und Zeit erlauben die Anwendung Varianzanalytischer Verfahren, namentlich der ANOVA mit Messwiederholung. Zu erwarten sind hierbei zwei mögliche Resultate, die eng an entsprechende graphische Muster geknüpft sind. Auf der einen Seite würde sich das Auftreten eines Effekts, unabhängig davon ob es sich um den Tau- oder um den Kappa-Effekt handelt, durch linear aufsteigende, parallele Vektoren kennzeichnen. Dies wird beispielsweise durch die Resultate von Jones und Huang (1992) zum visuellen Tau-Effekt verdeutlicht. Abbildung 13 zeigt auf der Abszisse die fünf räumlichen Abstände, die jeweils mit den fünf zeitlichen Intervallen (Vektoren) kombiniert wurden. Die Probanden hatten mittels einer fünffach abgestuften Skala den räumlichen Abstand zwischen den zwei jeweils dargebotenen Stimuli anzugeben. Die einzelnen, linear ansteigenden Vektoren verdeutlichen, dass das Urteil bezüglich räumlicher Information auch von der zeitlichen Komponente beeinflusst wird. So wird zum Beispiel der räumliche Abstand von  $2.67^\circ$  bei einem Darbietungsintervall von 600 Millisekunden als kleiner eingeschätzt, als bei einem Darbietungsintervall von einer Sekunde (durchschnittliche Urteile von etwa 1.75 Einheiten im ersten, von etwas mehr als zwei Einheiten im zweiten Fall). Ein durch die zeitliche Information unbeeinflusstes räumliches Urteil würde hingegen fünf flache Vektoren

aufweisen, die in gleichem Abstand zueinander liegen müssten (weil auch die tatsächlich dargebotenen räumlichen Abstände gleichmässig um  $0.67^\circ$  anstiegen).

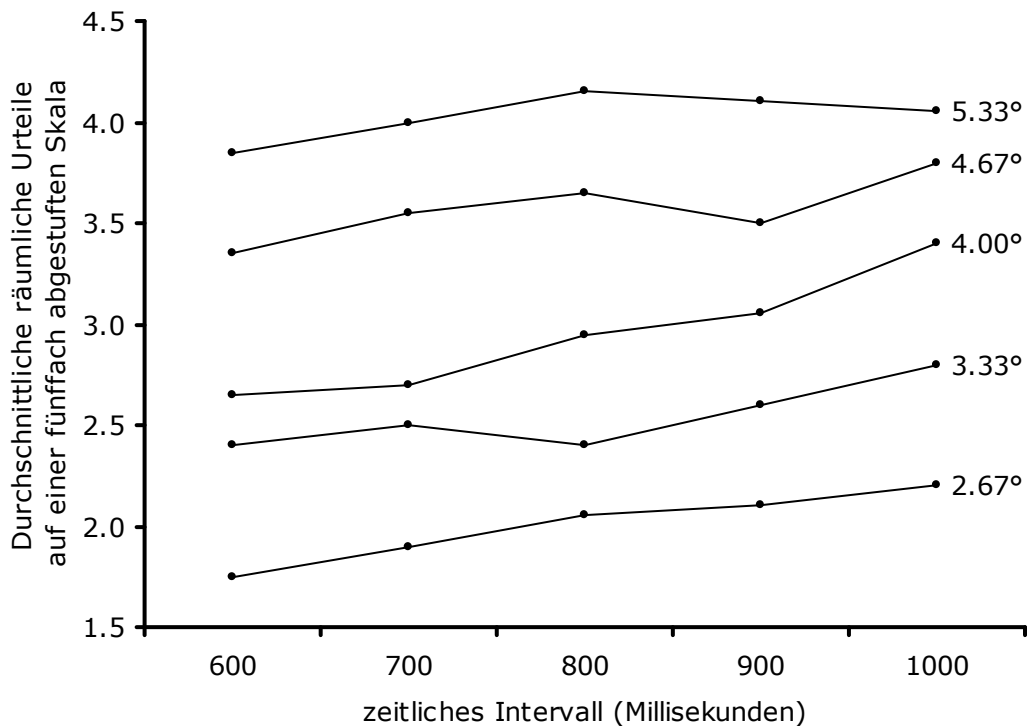


Abbildung 13. Resultate eines Experiments von Jones und Huang (1982, S. 138) zum visuellen Tau-Effekt.

Andersons (1996) Konzept der Kognitiven Algebra zufolge, auch Psychomotorisches Gesetz genannt (engl. *psychomotor law*; Anderson, 1979; zit. nach Surber, 1984, S. 226), lassen solche Graphen auf eine additive oder eine durchschnittbildende Verknüpfung von Raum und Zeit schliessen, wobei „an averaging model has the same form as an adding model, except that the sum of the weights for a judgment is equal to one“ (Weiss, 2006, S. 222). Einem linear aufsteigenden, parallelen graphischen Muster wie jenem in Abbildung 13 ist also faktisch einzig zu entnehmen, dass die zwei Faktoren gemeinsam operierten haben. Verborgen bleibt aber ob diese Faktoren durch Addition oder Mittelung zum entsprechenden Urteil geführt haben. Während bei einer additiven Verknüpfung jeder positive Wert das Urteil in entsprechend positiver Richtung beeinflusst, kann es in einem Urteil mittels Durchschnittsbildung sein, dass derselbe Wert sich einmal positiv und einmal negativ auswirkt. Dies kann anhand von folgendem fiktiven Beispiel erläutert werden:

Es soll geprüft werden, nach welcher Regel die Faktoren A und B verknüpft werden. Hierzu werden beide dreifach abgestuft (A1, A2, A3 und B1, B2, B3) und zwecks Urteilsabgabe je paarweise dargeboten (A1 mit B1, A1 mit B2, A1 mit B3, A2 mit B2,

usw.). Gleichzeitig wird aber auch das Urteil über einen einzigen Stimulus, ohne dass dieser Stimulus mit einem anderen kombiniert wurde, erfragt (sei es A2). Aus dieser Versuchsanordnung ergebe sich das faktorielle Muster in Abbildung 14. Auf der einen Seite zeigen die durchgezogenen Linien ein lineares, parallel ansteigendes Muster. Gleichzeitig kreuzt aber der gepunktete Vektor, also das Urteil zum nicht kombinierten Stimulus A2, den Verlauf der anderen Vektoren und würde sich somit, wie oben beschrieben, je nach Kombination anders auswirken (vgl., Anderson, 1996, S. 56f; Weiss, 2006, S. 222f).

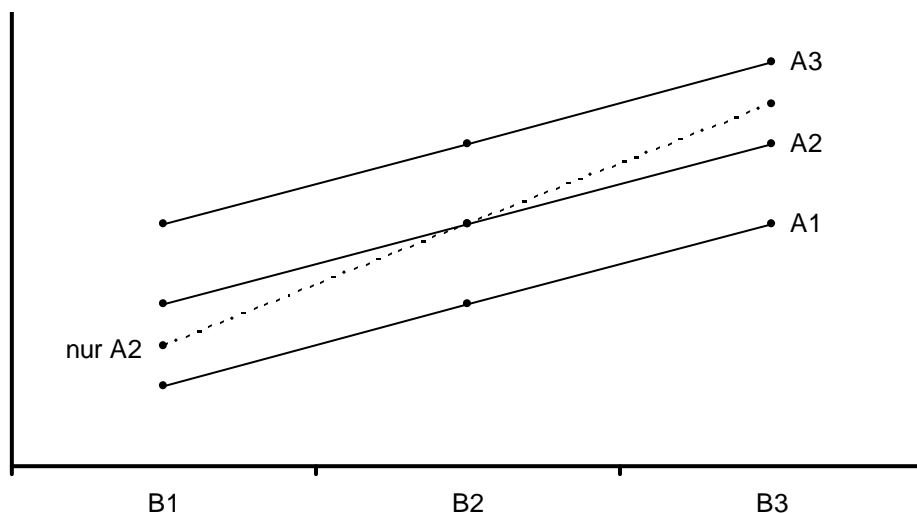


Abbildung 14. Fiktive Prüfung eines linearen, parallel aufsteigenden Musters auf Additivität oder Durchschnittsbildung anhand eines einzelnen, nicht kombinierten Stimulus (Anderson, 1982, S. 57).

Das Darbieten eines Reizes, das nicht aus der Kombination von zwei Faktoren besteht, ist im Rahmen sozialpsychologischer Fragestellungen (Anderson, 2008) einfacher zu bewerkstelligen als beispielsweise im Rahmen Intuitiver Physik. Und da es in der vorliegenden Arbeit explizit um die gegenseitige Beeinflussung von Raum und Zeit geht, erscheint die Darbietung von nur einem der zwei Faktoren gar paradox. Demzufolge lassen Jones und Huang (1982), die bisher als einzige Forscher Elemente des Funktionalen Messens verwendet haben um beide Effekte zu untersuchen, die Frage nach der expliziten Verknüpfungsform vollkommen offen; die Autoren ziehen ihre Schlüsse nur aufgrund der linearen, parallel aufsteigenden Vektoren. Hierbei wird explizit von ‚Elemente‘ gesprochen, weil durch die fünffache Abstufung der Skala ein wesentliches Kriterium des Funktionalen Messens verletzt wurde, wie Anderson (2008) festhält:

The ideal rating is graphic, a Least-Most line to be marked by the participant. With children, a linear array to which they can point has been effective. With

adults, a 1-20 scale is often convenient but may potentates number preference and memory effects that are minimized with the graphic scale. Fewer than 10 steps on the scale tends to introduce biases and seems risky if a linear scale is desired. (S. 38)

Als zusätzliches Kriterium für das tatsächliche Auftreten eines Effekts gilt, neben der Parallelität und der Linearität der Vektoren, die Signifikanz beider Haupteffekte (in Falle der vorliegenden Arbeit der räumliche Abstand und das zeitliche Intervall) bei gleichzeitiger Nichtsignifikanz der entsprechenden Interaktion (Weiss, 2006). Hierzu hält aber Anderson (1996) wiederum fest, dass

[This] rule is a strong premise, for it includes an implicit independence assumption, namely no interaction between the stimuli. Thus, [...]  $S_{Ai}$  has a fixed value, or meaning, regardless of which  $S_{Bj}$  it is combined with. If the stimuli do interact, so that the meanings are not invariant, then the factorial graph will generally be nonparallel. Parallelism in the factorial graph thus implies [...] meaning invariance. (p. 41)

Das überaus strenge Kriterium der nicht signifikanten Interaktion kann aber etwas abgeschwächt werden, denn das Wesentliche additiver oder durchschnittbildender Verknüpfungen, die Unabhängigkeit der Faktoren, lässt sich auch einzig und allein anhand des graphischen Musters belegen, wie von Anderson (1996) postuliert wird:

If the factorial graph exhibits parallelism, that obviously supports the premise of additivity [or averaging]. This support is fairly strong [...]. Here it may be emphasized that the parallelism test is simplicity itself, being made directly on the raw response. For many applications, no more is needed than visual inspection of the factorial graph. (p. 40)

Für die vorliegende Untersuchung ist zudem von zentralerem Interesse, wie das faktorielle Muster auszusehen hätte, wenn kein Effekt auftreten würde. Dies soll anhand von Abbildung 15 und Abbildung 16 erläutert werden. Namentlich wäre kein Effekt vorhanden, wenn bei Kappa-Aufgaben tatsächlich nur auf die erfragte Zeitdimension und bei Tau-Aufgaben nur auf die erfragte Raumdimension geachtet werden würde. Die Vektoren würden, je nachdem ob die Raum- oder die Zeitinformation auf der Abszisse abgetragen wird, überlappend aufsteigen oder aber ein flaches, paralleles Muster ergeben. Entsprechend müsste sich der jeweilige Haupteffekt, sei es der Raum in Tau-Aufgaben oder die Zeit in Kappa-Aufgaben, als signifikant erweisen, während der jeweils andere Faktor und die Interaktion nicht signifikant sein dürften.

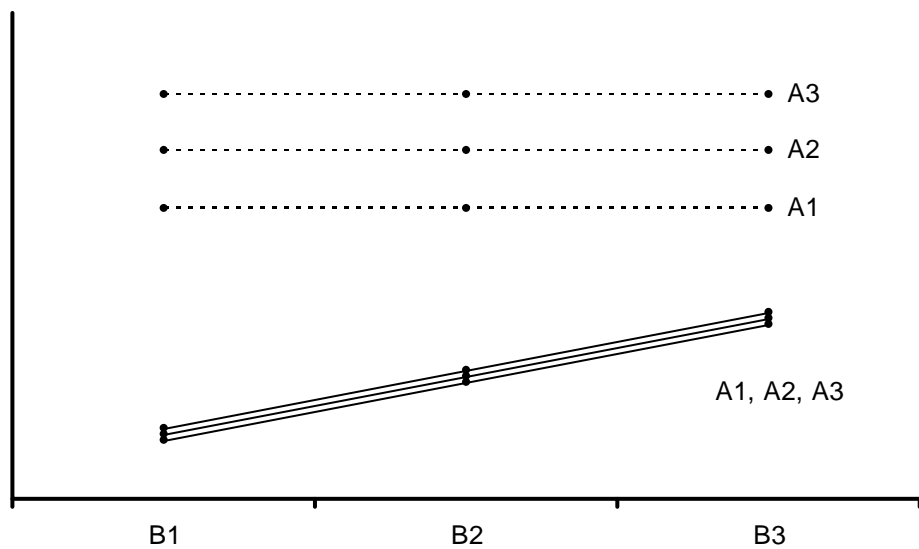


Abbildung 15 (obere Vektoren) und Abbildung 16 (untere Vektoren).  
 Idealtypische Darstellung im Falle von nicht auftretenden Effekten. Je nachdem welcher Faktor auf der Abszisse abgetragen wäre, würden die Vektoren entweder flach und parallel oder überlappend aufsteigend sein.

Bezüglich Kriterien, die für das Erfüllen einer bestimmten Verknüpfungsregel erfüllt sein müssen, liefert Leon (1982, 1984), in einem anderen Kontext als dem hier behandelten, eine pragmatische Zusammenfassung. Wichtig ist aber abschliessend nochmals festzuhalten, dass weder die statistischen Kennwerte noch die graphische Darstellung der Vektoren *alleine* Aufschluss über das Auftreten eines Effekts liefern können.

#### **4. VERSUCHSREIHE A : DIGITALE SKALA**

Die Software MatLab ermöglicht nach der Darbietung eines Trials die Projizierung einer digitalen Skala, auf der die Probanden ihr Urteil mittels Zeiger der Computerm Maus abgeben konnten. Hierbei wurden die einzelnen Urteile automatisch registriert und in ein Rohdatenfile gespeichert. Diese Methode ist theoretisch äusserst effizient, weil die Untersuchung, nach einer kurzen Einführung, ohne Anwesenheit eines Versuchsleitenden durchgeführt werden kann und weil ein Antwortfile automatisch generiert wird. Diese Prozedur bringt aber auch potentielle Probleme mit sich. Namentlich birgt die Computerm Maus eine gewisse Verzerrungsgefahr, denn ihre Handhabung erfordert eine hohe motorische Präzision (Laursen, Jensen & Ratkevicius, 2001). So konnten beispielsweise Huysmans, De Looze, Hoozemans, Van Der Beek und Van Dieën (2006) aufgrund der Länge von so genannten Handsteuergebern (engl. *Joysticks*) exemplarisch aufzeigen, dass Charakteristiken ebensolcher Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine (im Falle der vorliegenden Arbeit also die elektronische Maus, die dazu dient das kognitive Urteil des Menschen auf die digitale Skala der Maschine zu übertragen) einen wesentlichen Einfluss auf den effektiven Output haben. Kurzum, es galt zu überprüfen, ob Urteile mittels Computerm Maus präzise genug sind, um Effekte zu evozieren.

In diesem Vorversuch befand sich der Darbietungsort des ersten Stimulus entweder in der unteren linken oder in der oberen rechten Bildschirmecke. Damit konnten, wie bereits beschrieben, sowohl vertikal nach oben als auch vertikal nach unten ausgerichtete Darbietungen projiziert werden. Hiermit sollten die Effekte, aufgrund des vermeintlichen Wissens der Probanden über Schwerkraft, gezielt verringert respektiv vergrössert werden. Angenommen wurde also, dass eine vertikal nach oben gerichtete Darbietung, in die keine Bewegung induziert wurde, keinen oder einen nur sehr kleinen Effekt produzieren würde. Das andere Extrem, eine vertikal nach unten gerichtete Darbietung mit einem hohen Mass an Bewegungsinduzierung, müsste hingegen den grössten Effekt aufweisen. Die genauen Parameter der einzelnen Bedingungen werden an den entsprechenden Stellen im Detail erläutert.

Als Ausgangspunkte der Darbietung wurden die untere linke und die obere rechte Bildschirmecke gewählt, weil verschiedene Studien dem oberen linken Sichtfeld eine gesonderte Rolle zusprechen (für eine Übersicht siehe Latimer, Stevens, Irish & Webber, 2000). So stellt Howe (1963) im Rahmen von Mustererkennung fest, dass der oberen Hälfte des Bildschirms generell eine stärkere Beachtung widerfährt als der unteren Hälfte (siehe auch Brandt, 1940, 1941). Levy-Schoen (1973) präzisiert diese Befunde und berichtet, dass die obere linke Ecke generell vorgezogen wird. Vor allem wenn, wie in der

vorliegenden Studie, mit einem Fixationskreuz in der Mitte des Bildschirms gearbeitet wird. Und nicht zuletzt sprechen ebenfalls eine Vielzahl von Studien im Rahmen von Leseverhalten und Worterkennung dem oberen linken Segment des Sichtfeldes eine gesonderte Rolle zu (McConkie & Rayner, 1975; Mishkin & Forgays, 1952; Rayner & Pollatsek, 1987). Um also allfällige Verzerrungseffekte zu vermeiden, wurden die weniger salienten Gesichtsfeldsegmente als Ausgangspunkte der Darbietungen gewählt. Unabhängig vom Darbietungsbeginn und von der Ausrichtung beider Punkte befand sich der Nullpunkt der Skala hingegen immer auf der linken Bildschirmseite.

#### **4.1. Vorversuch 1.1. (Tau-Effekt):**

##### **Vierfache Variation der Bewegungsinduzierung bei Erwachsenen**

Die technischen Angaben, die für alle Bedingungen von Versuchsreihe A gültig sind und die grundsätzliche Versuchsanordnung, wurden bereits in Kapitel 3.1. geliefert. An dieser Stelle sollen nur die wichtigsten Punkte nochmals in Erinnerung gerufen werden. Gleichzeitig wird im Detail auf jene methodischen Punkte eingegangen, die jeweils die unterschiedlichen Versuchsbedingungen ausmachen.

##### **4.1.1. Methode**

**Versuchspersonen.** Insgesamt nahmen 40 erwachsene Versuchspersonen an Vorversuch 1.1. teil, die zufällig in eine von vier Bedingungen an je zehn Versuchspersonen eingeteilt wurden. Tabelle 4 gibt die Altersangaben und die Geschlechterverteilung pro Bedingung und im Gesamten wieder. Alle Probanden waren rechtshändig oder waren zumindest gewohnt, die Computermouse mit der rechten Hand zu bedienen. Auch berichteten alle Probanden über gutes Sehvermögen, teilweise erreicht durch ein Hilfsmittel (Brille oder Kontaktlinsen).<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Der grösste Teil aller erwachsenen Versuchspersonen wurde am Psychologischen Institut der Universität Zürich rekrutiert. Entlohnt wurden sie entweder durch so genannte Versuchspersonenstunden, die sie im Laufe des Studiums zu sammeln hatten oder mit 7.50 sFr pro Versuch.



Tabelle 4

*Altersangaben und Geschlechterverteilung in Vorversuch 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, vierfache Variation der Bewegungsinduzierung bei Erwachsenen*

Bedingung	Geschlechterverteilung w/m (Gesamt)	Durchschnittsalter der Probanden (yy;mm)	Altersbereich (yy;mm – yy;mm)
1	4/6 (10)	23;09	22;00 – 26;03
2	4/6 (10)	23;11	22;06 – 26;00
3	5/5 (10)	24;03	20;10 – 26;05
4	5/5 (10)	23;10	20;10 – 26;02
Gesamt	18/22 (40)	23;11	20;10 – 26;05

**Versuchsparameter.** Die unterschiedlichen Grade an Bewegung der Darbietung wurden mithilfe von vier Bedingungen induziert und variiert (Tabelle 5). Hierbei bestanden die 108 Trials aus je zwei Stimuli, die gleichzeitig einen räumlichen Abstand und einen zeitlichen Intervall wiedergaben. Der erste Stimulus wurde jeweils in der unteren linken oder in der oberen rechten Bildschirmecke sichtbar, der zweite Stimulus war entweder horizontal, diagonal oder vertikal davon ausgerichtet (Abbildung 9). Die Probanden sollten jeweils den räumlichen Abstand zwischen den beiden Stimuli einschätzen, wobei sie hierzu die Computermouse und die nicht abgestufte Skala auf dem Computerbildschirm benutzten. Der Nullpunkt der Skala befand sich, unabhängig vom Ausgangspunkt der jeweiligen Darbietung, immer auf der linken Seite des Bildschirms.

Tabelle 5

*Schematische Darstellung der vier möglichen Bedingungen in den Vorversuchen 1.1. bis 1.3. von Versuchsreihe A*

visuelle Charakteristika der Stimuli	akustische Charakteristika der beiden Stimuli		Charakteristik der Induzierung
	die visuelle Darbietung wird akustisch <i>nicht</i> untermauert	die visuelle Darbietung wird akustisch untermauert	
Stimuli haben zwei verschiedene Farben	<i>Bedingung 1</i>	<i>Bedingung 2</i>	= ohne Induzierung von Bewegung

beide Stimuli haben die gleiche Farbe	<i>Bedingung 3</i>	<i>Bedingung 4</i>	= mit Induzierung von Bewegung
--	--------------------	--------------------	-----------------------------------

---

In *Bedingung 1* hatten beide Stimuli eine unterschiedliche Farbe, was suggerieren sollte, dass es sich um zwei distinkte Punkte handle. Dies wurde auch in der Instruktion verbal untermauert. Die Versuchspersonen hatten nach jedem Trial den räumlichen Abstand zwischen beiden Punkten wiederzugeben, wobei der Nullpunkt der Skala den Erscheinungsort des ersten Stimulus darstellte. Der Zeiger der Computermouse war auf der Skala also dort zu positionieren, wo der zweite Stimulus wahrgenommen worden war.

Die visuelle Darbietung und die Instruktion von *Bedingung 2* waren dieselben wie in der ersten Bedingung. Zusätzlich waren aber während der beiden Sichtbarkeitszeitspannen der Stimuli, also während je 300 Millisekunden, zwei unterschiedliche Sinus-Töne zu hören (siehe Kapitel 3.2. und Abbildung 11). Dies sollte zusammen mit den unterschiedlichen Farben den Eindruck verstärken, dass es sich bei der Darbietung um zwei distinkte Reize handle.

Um den Eindruck einer Bewegung zu vermitteln unterschied sich *Bedingung 3* sowohl hinsichtlich Farbe der Stimuli als auch hinsichtlich Instruktion von den zwei eben vorgestellten Bedingungen. In dieser Bedingung wurde suggeriert, dass sich jeweils der gleiche Stimulus von der ersten zur zweiten Position bewege. Um dies zu unterstreichen wurden zwei gleichfarbige Reize verwendet.

Die letzte Bedingung, *Bedingung 4*, entsprach sowohl bezüglich visueller Reizdarbietung als auch bezüglich Instruktion der eben vorgestellten Bedingung 3. Wie in der zweiten Bedingung wurde aber die visuelle Darbietung zusätzlich akustisch unterlegt. Der Logik folgend, dass es sich bei den zwei Punkten nun um denselben Stimulus handle, der sich vom einen zum anderen Erscheinungsort bewege, war nun ein einzelner Ton durchgehend hörbar. Statt also wie in Bedingung 2 verschiedene punktuelle Töne darzubieten, setzte der Sinus-Ton mit dem Erscheinen des ersten Stimulus ein und verstummte erst mit dem Verschwinden des zweiten Stimulus (siehe Kapitel 3.2. und Abbildung 11). Die Instruktion entsprach jener in Bedingung 3.

**Versuchsablauf.** Nachdem die jeweilige Instruktion geliefert wurde, konnte mittels 20 Probetrials gewährleistet werden, dass die Versuchspersonen alles verstanden hatten. Die Probetrials wurden zudem genutzt um die Probanden mit der ganzen Versuchsumgebung und Versuchsanordnung vertraut zu machen. Während dem ersten

Block von 18 Experimentaltrials blieb der Versuchsleitende noch im Raum um sicherzustellen, dass alles funktionierte. Während den restlichen 20 bis 30 Minuten arbeiteten die Versuchspersonen alleine nach ihrem Tempo, wobei sie aber gefilmt wurden. Der präzise Versuchsablauf wurde in Kapitel 3.4. geschildert.

#### **4.1.2. Resultate**

Da jede Bedingung zwei Startpunkte der Darbietung (untere linke und obere rechte Bildschirmecke) und jeder Darbietungsstartpunkt wiederum drei Ausrichtungen beinhaltet (horizontal, diagonal und vertikal), sind pro Bedingung insgesamt sechs verschiedene Kombinationen auf einen Effekt hin zu prüfen. Gerechnet wurde jeweils eine Varianzanalyse mit Messwiederholung mit den dreifach abgestuften räumlichen Abständen und den ebenfalls dreifach abgestuften zeitlichen Intervallen sowie der einmaligen Messwiederholung als Faktoren. Von Interesse waren jeweils die zwei entsprechenden Haupteffekte und deren Interaktion (dies gilt für alle Experimente der vorliegenden Arbeit).

Die Resultate werden sortiert nach Bedingung und Kombination wiedergegeben. Somit gibt Tabelle 6 für Bedingung 1, Tabelle 8 für Bedingung 2, Tabelle 9 für Bedingung 3 und Tabelle 10 für Bedingung 4 sowohl die statistischen Kennwerte der zwei Haupteffekte und der Interaktion als auch die Korrelationsmasse jeder Kombination wieder. Ebenso wird für jede Kombination angegeben, ob das graphische Muster einer Kombination

- (a) linear aufsteigende, parallele Vektoren aufweist, was auf den entsprechenden Effekt hindeuten könnte (jeweils mit ‚linear aufsteigend‘ bezeichnet),
- (b) aufgrund von chaotischer Vektorenanordnung nicht kategorisierbar ist (jeweils mit drei Strichen gekennzeichnet),
- (c) überlappende Vektoren aufweist, was auf die Abwesenheit eines Effekts hindeutet (jeweils mit ‚überlappend aufsteigend‘ bezeichnet).

Wie bereits hervorgehoben, können aber weder die statistischen Kennwerte noch die Graphen alleine Aufschluss auf das Vorhandensein eines Effekts geben. Bei Experimenten zum Tau-Effekt könnte beispielsweise der Haupteffekt Raum statistisch signifikant sein, während der Haupteffekt Zeit und die Interaktion von Raum und Zeit die statistische Signifikanz nicht erreichen. A priori würde dies darauf hindeuten, dass kein Effekt vorhanden sei, dass also die erfragte Raumdimension nicht von der Zeitdimension beeinflusst wird. Zeigt aber die entsprechende Graphik linear aufsteigende, parallele Vektoren, ist diese Schlussfolgerung womöglich zu voreilig. Solche und ähnliche Fälle

werden in den Resultattabellen in der Rubrik ‚Effekt‘ als ‚nicht eindeutig‘ klassifiziert. Auf die Darstellung aller Graphiken wird aber verzichtet. Die einzelnen Resultate sollen nun in der Reihenfolge der vier Bedingungen erläutert werden.

**Bedingung 1.** Tabelle 6 gibt die Resultate der ersten Bedingung wieder, in der anhand der Charakteristiken der Reize und der Instruktion keine Bewegung induziert werden sollte. Auf der einen Seite ist tatsächlich in keiner der sechs Darbietungsausrichtungen ein Tau-Effekt aufgetreten, auf der anderen Seite sind zwei verschiedene Kategorien feststellbar: War der erste Stimulus in der oberen rechten Bildschirmecke zu sehen, entstanden unklassifizierbare graphische Muster (Abbildung 17 zeigt exemplarisch die Resultate von Kombination 1).

Tabelle 6

*Resultate von Vorversuch 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Bedingung 1 (ohne Bewegungsinduzierung: zwei Farben, kein Ton)*

	rechts oben/horizontal Kombination 1	rechts oben/vertikal Kombination 2	rechts oben/diagonal Kombination 3
HE Raum	$F(2, 18) = 323.365, p < .001$	$F(2, 18) = 314.520, p < .001$	$F(2, 18) = 237.956, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 294.543, p < .001$	$F(2, 18) = 151.788, p < .001$	$F(2, 18) = 103.735, p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 243.643, p < .001$	$F(4, 36) = 664.889, p < .001$	$F(4, 36) = 128.915, p < .001$
Pearson	$r = 0.208$	$r = 0.266$	$r = 0.339$
Graphik	--- *	---	---
Effekt	kein Tau-Effekt *	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt
	links unten/horizontal Kombination 4	links unten/vertikal Kombination 5	links unten/diagonal Kombination 6
HE Raum	$F(2, 18) = 984.260, p < .001$	$F(2, 18) = 530.381, p < .001$	$F(2, 18) = 287.178, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 2.253, p = .134$	$F(2, 18) = 0.229, p = .798$	$F(2, 18) = 24.33, p = .167$
Interakt.	$F(4, 36) = 2.326, p < .075$	$F(4, 36) = 0.458, p = .766$	$F(4, 36) = 5.161, p < .05$
Pearson	$r = 0.534$	$r = 0.392$	$r = 0.535$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend *	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt *	kein Tau-Effekt

**Anmerkungen:** (1) Die mit einem Asteriskus (\*) markierten Graphiken sind von besonderem Interesse und werden daher im Text abgebildet und näher kommentiert.

(2) Die Rubrik Pearson gibt die Produkt-Moment-Korrelation nach Bravais und Pearson zur Überprüfung der Konsistenz der Urteile wieder.

- (3) Der Vermerk ‚kein Tau-Effekt‘ in der Rubrik Effekt steht, zusammen mit dem Vermerk ‚überlappend aufsteigend‘ in der Rubrik Graphik, für eine Zentrierung auf die Dimension Raum, also dem (effektfreien) Fällen eines Urteiles ohne Beachtung der Zeitinformation.
- (4) Drei Striche (---) bedeuten, dass die Graphen nicht nur keinen Effekt aufweisen, sondern grundsätzlich nicht interpretierbar sind, also keinerlei Regelmässigkeit wiedergeben (siehe Abbildung 17).

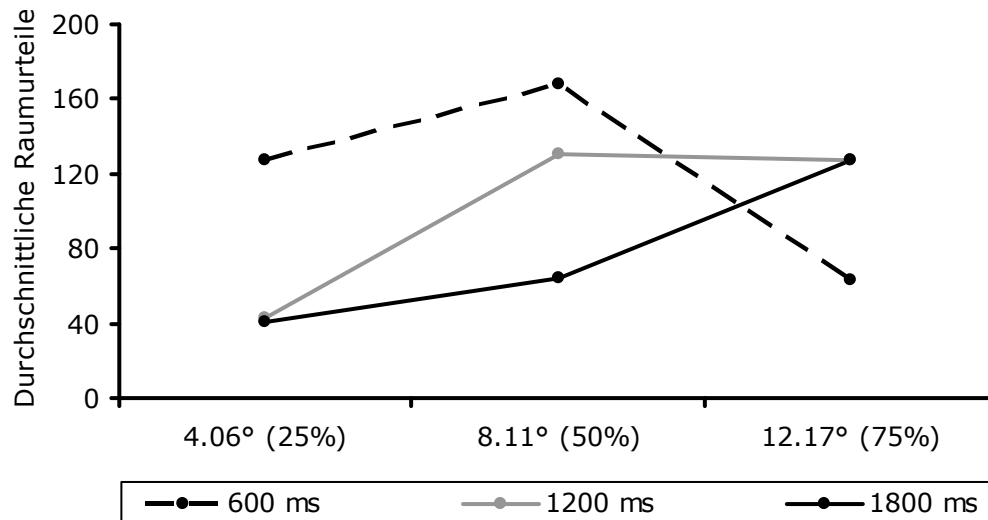


Abbildung 17. Resultat von Vorversuch 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Bedingung 1 (ohne Bewegungsinduzierung: zwei Farben, kein Ton), Beginn oben rechts/horizontale Ausrichtung (Kombination 1).

In den Darbietungen, die in der unteren linken Ecke begannen, wurde das Urteil hingegen korrekterweise nur anhand der Raumdimension gefällt. Trotz Nicht-Auftretens eines Tau-Effekts sind diese Resultate nicht nur interpretierbar (siehe exemplarisch Abbildung 18 für Kombination 5), sondern zeigen auch eine klare Tendenz: Wie Tabelle 7 deutlich macht, wurden bei faktisch gleichen räumlichen Abständen jene als grösser empfunden, die mit einem längeren zeitlichen Intervall einhergingen. Wenn auch die Varianzanalyse also zwar nicht für einen Tau-Effekt spricht, so ist trotzdem ein Trend in diese Richtung erkennbar, der in den folgenden Experimenten näher analysiert werden soll.

Tabelle 7

*Durchschnittliche Raumurteile der zehn erwachsenen Probanden in Vorversuch 1.1., Versuchsreihe A, Bedingung 1 (ohne Bewegungsinduzierung: zwei Farben, kein Ton), Beginn unten links/vertikale Ausrichtung (Kombination 5)*

räumliche Abstände	zeitliche Intervalle			
	600 ms		1200 ms	1800 ms
4.06° (5.7 cm, 25%)	40.15	<	41.20	< 44.75

8.11° (11.4 cm, 50%)	94.70	<	96.35	<	100.25
12.17° (17.1 cm, 75%)	181.80	<	184.10	<	189.35

**Anmerkung:** Die mathematischen Symbole in den Zwischenspalten verdeutlichen, dass trotz unverändertem räumlichem Abstand der Darbietung (Zeilen) die Urteile mit zunehmenden zeitlichem Intervall (Spalten) absolut zunehmen. Auf eine statistische Überprüfung dieser Unterschiede mittels *t*-Test wird verzichtet, da hierbei kein essentieller Informationsgewinn entstehen würde.

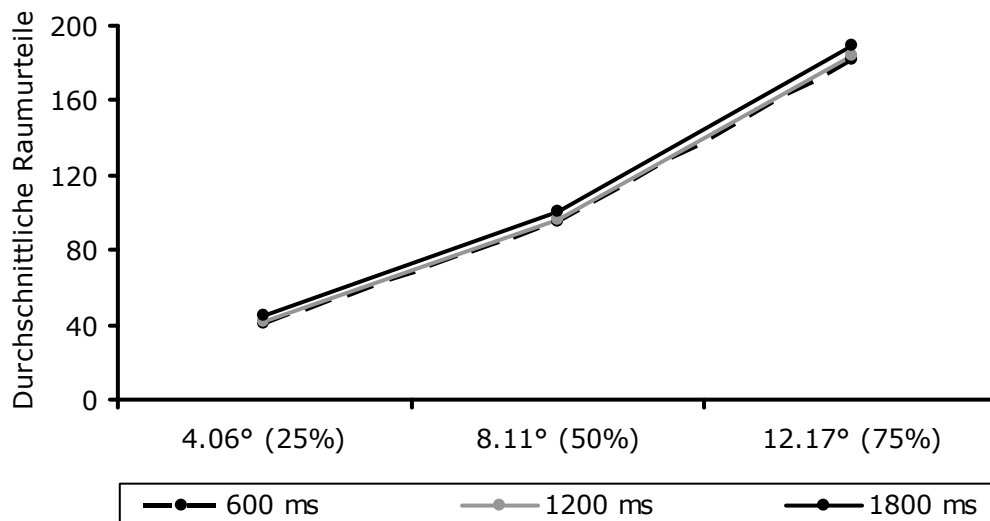


Abbildung 18. Resultat von Vorversuch 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Bedingung 1 (ohne Bewegungsinduzierung: zwei Farben, kein Ton), Beginn unten links/vertikale Ausrichtung (Kombination 5).

**Bedingung 2.** Im Vergleich zur ersten Bedingung waren neben der visuellen Darbietung von zwei verschiedenfarbigen Punkten nun zusätzlich zwei unterschiedliche Töne zu hören. Erwartungsgemäss trat auch in dieser Bedingung kein Tau-Effekt auf (Tabelle 8). Ein Vergleich dieser Resultate mit jenen von Bedingung 1 (Tabelle 6) zeigt, dass jeweils dieselben Kombinationen zu uninterpretierbaren Resultaten geführt haben, namentlich Kombination 1, Kombination 2 und Kombination 3. Dieser Umstand wird durch die Produkt-Moment-Korrelation nach Bravais und Pearson unterstrichen. Abgesehen von wenigen Ausnahmen sind die tiefsten Korrelationen bei den drei genannten Kombinationen zu finden.

Tabelle 8

Resultate von Vorversuch 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Bedingung 2 (ohne Bewegungsinduzierung: zwei Farben, zwei Töne)

rechts oben/horizontal Kombination 1	rechts oben/vertikal Kombination 2	rechts oben/diagonal Kombination 3
---	---------------------------------------	---------------------------------------

HE Raum	$F(2, 18) = 72.951, p < .001$	$F(2, 18) = 18.772, p < .001$	$F(2, 18) = 22.090, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 89.046, p < .001$	$F(2, 18) = 20.483, p < .001$	$F(1, 18) = 158.863, p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 25.791, p < .001$	$F(4, 36) = 25.374, p < .001$	$F(4, 36) = 98.261, p < .001$
Pearson	$r = -0.104$	$r = 0.235$	$r = -0.156$
Graphik	---	---	---
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 8 (Fortsetzung)

Resultate von Vorversuch 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Bedingung 2 (ohne Bewegungsinduzierung: zwei Farben, zwei Töne)

	links unten/horizontal Kombination 4	links unten/vertikal Kombination 5	links unten/diagonal Kombination 6
HE Raum	$F(2, 18) = 54.861, p < .001$	$F(2, 18) = 107.281, p < .001$	$F(2, 18) = 41.621, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 3.582, p < .05$	$F(2, 18) = 3.763, p < .05$	$F(2, 18) = 5.464, p < .05$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.846, p = .633$	$F(4, 36) = 417.181, p = .761$	$F(4, 36) = 0.398, p = .891$
Pearson	$r = 0.341$	$r = 0.284$	$r = 0.544$
Graphik	überlappend aufsteigend *	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt *	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Die Kombinationen 4 bis 6 von Bedingung 2 weisen jeweils signifikante Haupteffekte und zeitgleich nicht signifikante Interaktionen auf, was aus statistischer Perspektive für einen Tau-Effekt sprechen würde. Die Graphen relativieren diese Einschätzung hingegen (siehe exemplarisch Kombination 4 in Abbildung 19). Die Vektoren weisen zwar die korrekte Rangordnung auf, die zwei Extremdatenpunkte des mittleren Vektors (1200 ms) durchbrechen aber das parallele Muster. In diesem Sinne kann, ebenso im Falle von Kombination 6, nicht ohne Weiteres von einem Tau-Effekt gesprochen werden.

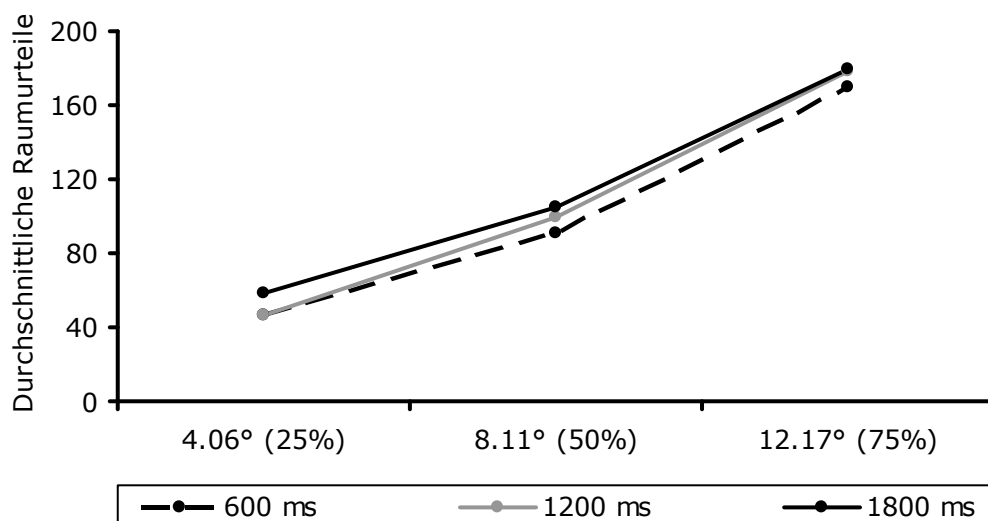


Abbildung 19. Resultat von Vorversuch 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Bedingung 2 (ohne Bewegungsinduzierung: zwei Farben, kein Ton), Beginn links unten/horizontale Ausrichtung (Kombination 4).

**Bedingung 3.** Im Gegensatz zu den ersten zwei Bedingungen wurde nun versucht mit der Darbietung eine Bewegung zu induzieren. Dies einerseits durch die Farbe der Stimuli, andererseits durch die Instruktion. Auch hier erweisen sich Kombination 1, Kombination 2 und Kombination 3 als uninterpretierbar (Tabelle 9). Die restlichen drei Kombinationen weisen Widersprüche zwischen den statistischen Kennwerten und den graphischen Mustern auf und bedürfen einer näheren Analyse.

Tabelle 9

Resultate von Vorversuch 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Bedingung 3 (mit Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, kein Ton)

	rechts oben/horizontal Kombination 1	rechts oben/vertikal Kombination 2	rechts oben/diagonal Kombination 3
HE Raum	$F(2, 18) = 0.128, p = .881$	$F(2, 18) = 30.451, p < .001$	$F(2, 18) = 0.821, p = .456$
HE Zeit	$F(2, 18) = 52.903, p < .001$	$F(2, 18) = 11.871, p < .05$	$F(2, 18) = 9.880, p < .05$
Interakt.	$F(4, 36) = 17.119, p < .001$	$F(4, 36) = 5.815, p < .05$	$F(4, 36) = 3.594, p < .05$
Pearson	$r = 0.414$	$r = 0.354$	$r = 0.354$
Graphik	---	---	---
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt
	links unten/horizontal Kombination 4	links unten/vertikal Kombination 5	links unten/diagonal Kombination 6
HE Raum	$F(2, 18) = 24.702, p < .001$	$F(2, 18) = 15.939, p < .001$	$F(2, 18) = 19.954, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 2.707, p = .094$	$F(2, 18) = 2.949, p = .078$	$F(2, 18) = 5.278, p < .05$
Interakt.	$F(4, 36) = 2.919, p < .05$	$F(4, 36) = 0.138, p = .967$	$F(4, 36) = 1.173, p = .339$
Pearson	$r = 0.673$	$r = 0.551$	$r = 0.637$
Graphik	parallel aufsteigend *	parallel aufsteigend *	parallel aufsteigend *
Effekt	nicht eindeutig *	nicht eindeutig *	nicht eindeutig *

Kombination 5 zeigt zwar nahezu perfekte, linear aufsteigende, parallele Vektoren (Abbildung 20), da aber der Haupteffekt Zeit nicht signifikant ist,  $F(2, 18) = 2.949, p = .078$ , kann nicht ohne weiteres von einem Tau-Effekt die Rede sein. Dies obwohl eine solide Konsistenz von  $r = .551$  und eine nicht signifikante Interaktion,  $F(4, 36) = 0.138$ ,



$p = .967$ , ausgewiesen werden kann. In der Diskussion werden die möglichen Bedeutungen der Unregelmässigkeit im mittleren Bereich der Graphik (räumlicher Abstand von  $8.11^\circ$ ) zu analysieren sein, die beispielsweise auch in Abbildung 18 (Bedingung 1, Kombination 5) und in Abbildung 19 (Bedingung 2, Kombination 4) zu sehen ist.

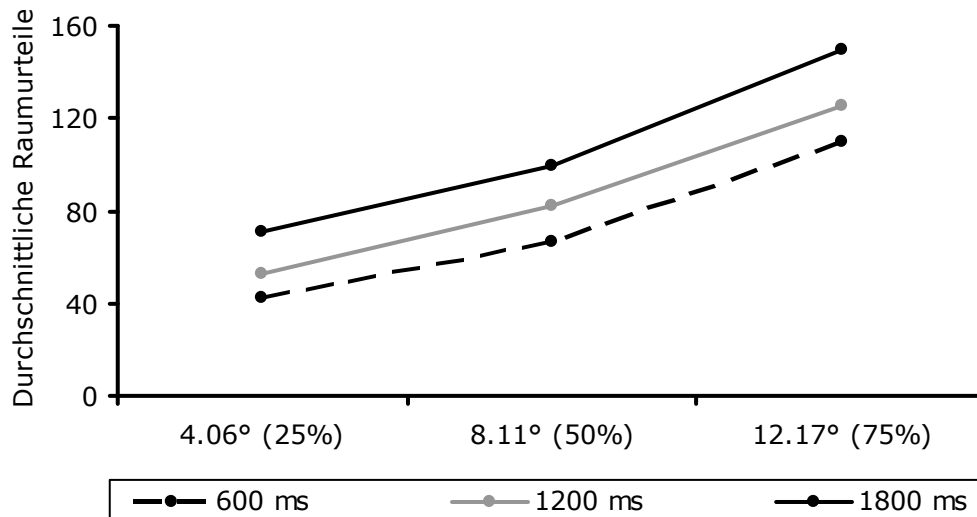


Abbildung 20. Resultat von Vorversuch 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Bedingung 3 (mit Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, kein Ton), Beginn unten links/vertikale Ausrichtung (Kombination 5).

Kombination 4 zeigt wiederum ein anderes Problem. Zwar ist auch hier der Haupteffekt Zeit nicht signifikant,  $F(2, 18) = 2.707$ ,  $p = .094$ , das graphische Muster zeigt aber, mit einer Ausnahme, wieder ein nahezu perfektes, linear ansteigendes, paralleles Muster. Die Ausnahme ist auf der Ebene des grössten räumlichen Abstandes zu finden ( $12.17^\circ$ ), namentlich sind die zwei zeitlichen Intervalle von 600 und 1200 Millisekunden bezüglich deren Rangordnung vertauscht (Abbildung 21). Es kann also auch hier nicht von einem reinen Tau-Effekt gesprochen werden.

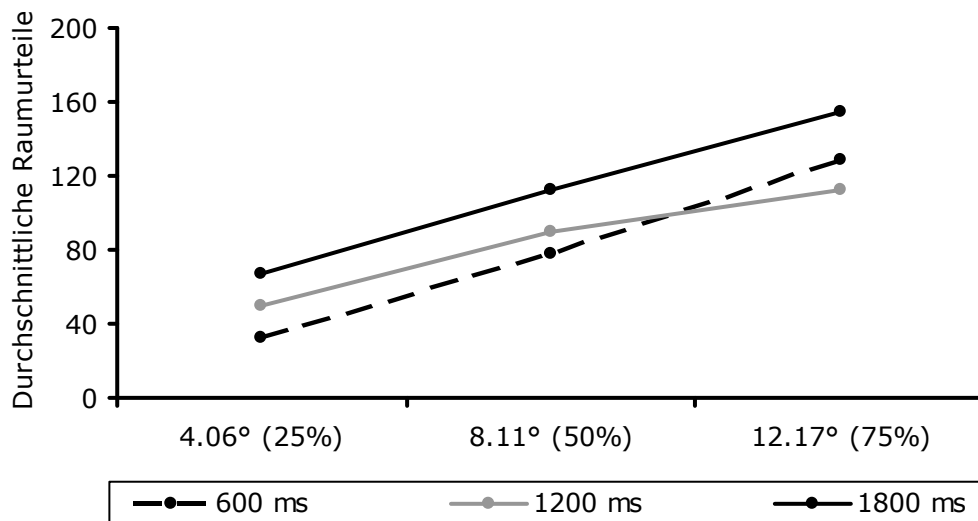


Abbildung 21. Resultat von Vorversuch 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Bedingung 3 (mit Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, kein Ton), Beginn unten links/horizontale Ausrichtung (Kombination 4).

Dasselbe Problem taucht auch in Kombination 6 auf (Abbildung 22). Im Gegensatz zu den zwei vorangehend besprochenen Kombinationen sprechen aber die statistischen Kennwerte klar für einen Tau-Effekt (namentlich sind beide Haupteffekte signifikant, während es die Interaktion nicht ist).

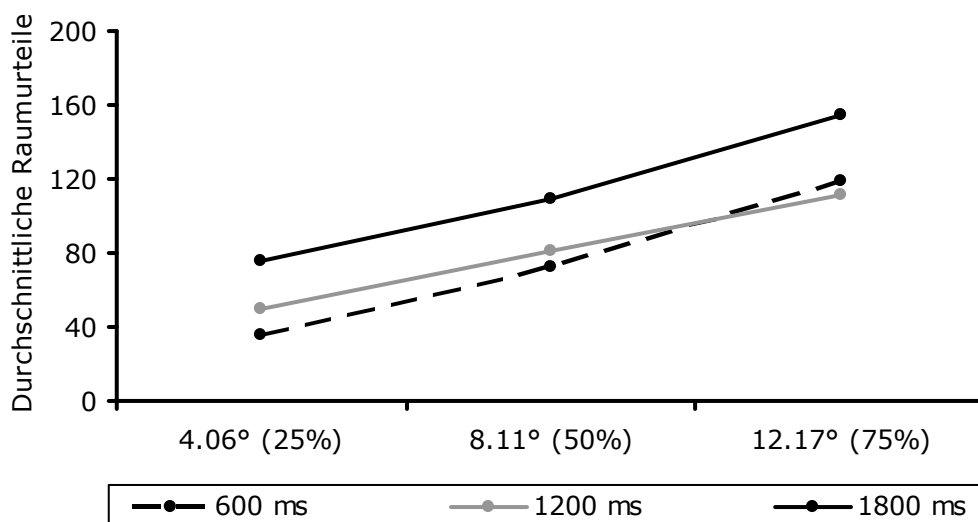


Abbildung 22. Resultat von Vorversuch 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Bedingung 3 (mit Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, kein Ton), Beginn unten links/diagonale Ausrichtung (Kombination 6).

**Bedingung 4.** Wir erinnern uns, dass in dieser Bedingung die Bewegungsinduzierung durch einen langgezogenen akustischen Ton zusätzlich untermauert wurde. Bezüglich der

Resultate stehen wir wieder einem bekannten Muster gegenüber, namentlich ergeben Kombination 1, Kombination 2 und Kombination 3 keine interpretierbaren Ergebnisse (Tabelle 10).

Tabelle 10

*Resultate von Vorversuch 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Bedingung 4 (mit Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, nur ein Ton)*

	rechts oben/horizontal Kombination 1	rechts oben/vertikal Kombination 2	rechts oben/diagonal Kombination 3
HE Raum	$F(2, 18) = 0.168, p = .847$	$F(2, 18) = 5.171, p < .05$	$F(2, 18) = 5.821, p < .05$
HE Zeit	$F(2, 18) = 4.295, p < .05$	$F(2, 18) = 1.603, p = .229$	$F(2, 18) = 4.775, p < .05$
Interakt.	$F(4, 36) = , p < .001$	$F(4, 36) = 3.498, p < .05$	$F(4, 36) = 3.352, p < .05$
Pearson	$r = 0.352$	$r = 0.159$	$r = 0.202$
Graphik	---	--- *	---
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt *	kein Tau-Effekt

Tabelle 10 (Fortsetzung)

*Resultate von Vorversuch 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Bedingung 4 (mit Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, nur ein Ton)*

	links unten/horizontal Kombination 4	links unten/vertikal Kombination 5	links unten/diagonal Kombination 6
HE Raum	$F(2, 18) = 4.523, p < .05$	$F(2, 18) = 5.053, p < .05$	$F(2, 18) 5.298 =, p < .05$
HE Zeit	$F(2, 18) = 0.040, p = .214$	$F(2, 18) = 3.476, p = .053$	$F(2, 18) = 1.617, p = .226$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.147, p = .963$	$F(4, 36) = 0.626, p = .647$	$F(4, 36) = 0.824, p = .518$
Pearson	$r = 0.720$	$r = 0.588$	$r = 0.685$
Graphik	nicht eindeutig	parallel aufsteigend *	nicht eindeutig
Effekt	nicht eindeutig	nicht eindeutig *	nicht eindeutig

Die restlichen drei Kombinationen gestalten sich ähnlich herausfordernd wie in Bedingung 3. Zwar verpasst der Haupteffekt Zeit in der fünften Kombination die statistische Signifikanz,  $F(2, 18) = 3.476, p = .053$ , das linear aufsteigende, parallele Muster von Abbildung 23 spricht aber eindeutig für einen Tau-Effekt. Dieser Befund wird durch die nicht signifikante Interaktion,  $F(4, 36) = 0.626, p = .647$ , und durch eine stabile Produkt-Moment-Korrelation von  $r = .588$  untermauert (aufgrund des nicht signifikanten Haupteffekts Zeit wird diese Kombination in der entsprechenden Tabelle aber trotzdem als ‚nicht eindeutig‘ gekennzeichnet).

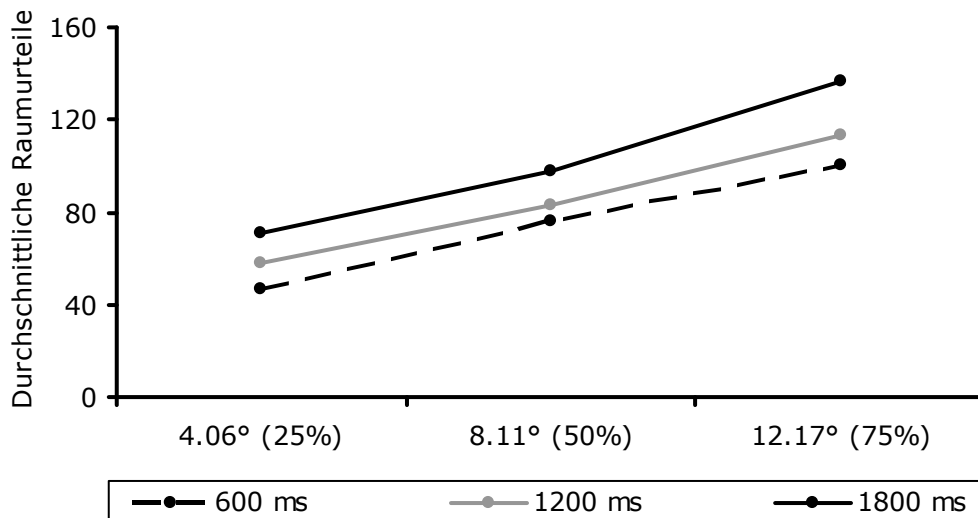


Abbildung 23. Resultat von Vorversuch 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Bedingung 4 (mit Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, nur ein Ton), Beginn unten links/vertikale Ausrichtung (Kombination 5).

Abbildung 24 zeigt exemplarisch das Problem auf, dass in der entsprechenden Kombination 2, aber auch in Kombination 6 aufgetreten ist. In beiden Fällen sprechen die statistischen Kennwerte gegen einen Effekt, so ist namentlich der Haupteffekt Zeit in beiden Fällen nicht signifikant,  $F(2, 18) = 1.603$ ,  $p = .229$  respektiv  $F(2, 18) = 1.617$ ,  $p = .226$ . Auf der anderen Seite offenbaren die Graphen einen interessanten Aspekt: Auf der einen Seite überlappen sich die Vektoren der zeitlichen Intervalle von 600 und 1200 Millisekunden, so dass von einer Zentrierung ausgegangen werden kann. Auf der anderen Seite zeigen die beiden Vektoren in Bezug auf das grösste zeitliche Intervall (1800 ms) ein linear aufsteigendes, paralleles Muster. Mit anderen Worten lassen sich die Probanden in ihrem räumlichen Urteil nur vom längsten zeitlichen Intervall beeinflussen.

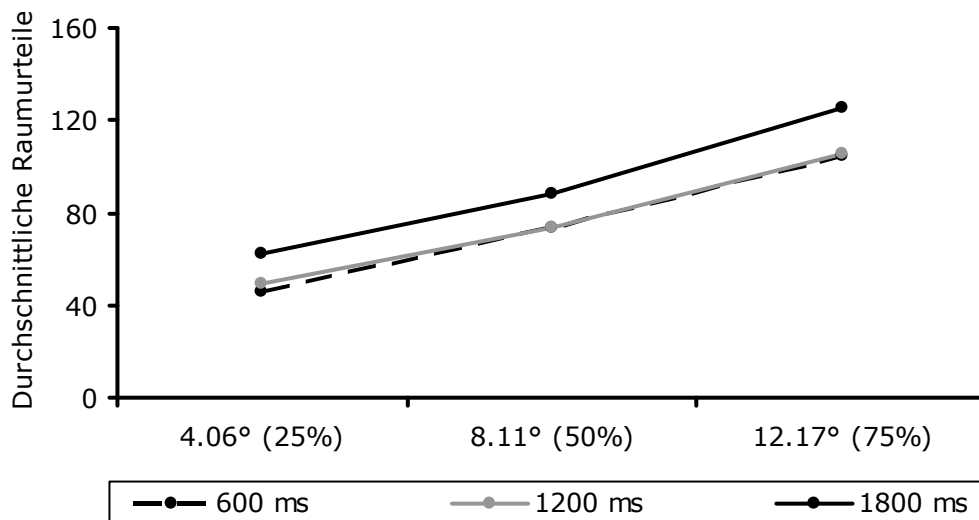


Abbildung 24. Resultat von Vorversuch 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Bedingung 4 (mit Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, nur ein Ton), Beginn oben rechts/vertikale Ausrichtung (Kombination 2).

#### 4.1.3. Diskussion

Auf der einen Seite sollte die Darbietung zweier visueller Stimuli mit unterschiedlichen räumlichen Abständen und zeitlichen Intervallen zu einer gegenseitigen Beeinflussung von Raum und Zeit führen. Dies wurde in der theoretischen Einleitung anhand mehrerer Beispiele dargestellt. Da dies nicht in allen Fällen gelungen ist, könnte das verwendete Paradigma als ungeeignet betrachtet werden. Hierbei wäre zu klären, ob das Funktionale Messen an sich oder das gewählte Antwortformat die Ursache für die nicht gefundenen Effekte ist. Auf der anderen Seite wurde aber ein experimenteller Rahmen geschaffen, der explizit darauf hinzielte die Darbietung durch statisch und distinkt wirkende Reize und einer entsprechenden Instruktion als bewegungslos darzustellen. Der Grundidee der vorliegenden Arbeit zufolge, sollten ebensolche Darbietungen zu einer Tilgung des Effekts führen. Dies ist wiederum, zumindest partiell, gelungen. Während in den Bedingungen ohne Bewegungsinduzierung das zeitliche Intervall nie Teil des Raumurteils war, ist das Bild in Bedingung 3 und Bedingung 4 etwas komplexer. Hier tritt jeweils in Kombination 5, also in der vertikal nach oben gerichteten Bewegung, ein Tau-Effekt auf (Abbildung 20 und Abbildung 23).

Das Besondere dieser Kombination ist die vermeintliche Rolle, die durch implizites Wissen über Schwerkraft gespielt wird. Die Instruktion suggeriert den Probanden, dass sich der gleiche Punkt von unten nach oben bewege. Würde die Schwerkraft im Urteil tatsächlich eine Rolle spielen, müsste der Eindruck einer Bewegungsverlangsamung entstehen. Tatsächlich führt aber diese Informationskonstellation zu einem nahezu perfekten Tau-

Effekt, unabhängig davon, ob die Darbietung mit einem Ton unterlegt wurde oder nicht. Leider führt die vertikal nach unten gerichtete Kombination in keiner Bedingung zu interpretierbaren Effekten. Somit können nach unten gerichtete, durch Schwerkraft beschleunigte Bewegungen, nicht mit nach oben gerichteten, durch Schwerkraft verlangsamten Bewegungen, verglichen werden. Genau dieser Vergleich wird aber angestrebt und soll durch Veränderung der Darbietungsstartpunkte auch möglich gemacht werden.

In Kombination 4 (horizontale Ausrichtung) und in Kombination 6 (diagonale Ausrichtung) sind die Ergebnisse weniger klar und bedürfen einer erneuten Überprüfung. Hier finden sich zwar Elemente des Effekts wieder, in diesen Fällen scheint aber erst das grösste zeitliche Intervall eine Wirkung auszuüben (in Abbildung 24 deutlich sichtbar). Eine diagonale Bewegung in einem Winkel von  $45^\circ$  scheint sich hinsichtlich der Rolle der Schwerkraft und somit der Ausprägung des Effekts hingegen nicht von einer horizontalen Bewegung zu unterscheiden. Eine Studie von Hecht und Bertamini (2000) könnte aufzeigen, warum Schwerkraft zwar bei vertikalen Bewegungen eine verlangsamende respektiv beschleunigende Wirkung haben kann, bei diagonalen Bewegungen hingegen nicht. Die Autoren haben fast zweihundert Versuchspersonen über ihr Wissen bezüglich der Geschwindigkeit von Wurfgeschossen erfragt. Die Versuchspersonen bekamen ein Bild mit zwei Strichfiguren zu sehen, die entweder (a) durch eine gekrümmte oder (b) durch eine horizontale Wurfbahn verbunden waren. Aufgabe war es jeweils, den Punkt der höchsten Geschwindigkeit des Wurfgeschosses zu markieren. Statt diesen Punkt richtigerweise beim Werfer zu setzen, wurde in beiden Bedingungen angenommen, dass sich der Punkt höchster Geschwindigkeit im Bereich der Wurfbahnmitte befände (siehe Abbildung 25, die für beide Bedingungen den gemittelten Einschätzungspunkt wiedergibt). Auf die eigene Untersuchung übertragen heisst dies, dass die Probanden in ein sich diagonal nach oben bewegendes Objekt gar keine Geschwindigkeitsabnahme, sondern gar eine Geschwindigkeitszunahme sehen.

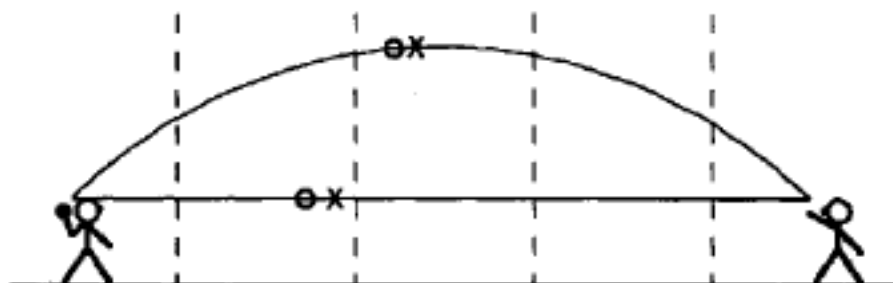


Abbildung 25. Hecht und Bertamini (2000, S. 733) zeigten auf, dass der Geschwindigkeitshöhepunkt bei Wurfgeschossen nicht nahe des Werfers, sondern nahe der Flugbahnmitte geschätzt wird.

Im Gegensatz zu horizontalen und diagonalen Bewegungen konnte bei vertikal ausgerichteten Stimuli eindeutig ein Effekt evoziert werden. Bei letzterem wird, wiederum im Gegensatz zu horizontalen und diagonalen Bewegungen, generell angenommen, dass sich ihre Geschwindigkeit aufgrund der Schwerkraft (oder des aufgebrauchten Impetus) verändert (siehe Kapitel 2.3. Wissen über physikalische Kräfte). Da im Rahmen des Funktionalen Messens nicht mit groben Kategorien operiert wurde, mag dieser feine Unterschied ausschlaggebend für die Evozierung eines Effekts gewesen sein. Ebenso muss hervorgehoben werden, dass ein Effekt eher in der abwärts gerichteten Bewegung zu erwarten gewesen wäre. Also bei der vertikal ausgerichteten Darbietung, die in der oberen rechten Bildschirmecke ihren Startpunkt hat. Die Sonderrolle dieses Ausgangspunktes wird Teil dieser Diskussion sein.

Obwohl vorläufig festgehalten werden kann, dass der Tau-Effekt, wenn auch nicht in seiner reinsten Form, durch visuelle, akustische und verbale Parameter beeinflussbar zu sein scheint, ist aus anderen Gründen explizit auf die Sensibilität der Methode und die Problematik der verwendeten Schnittstelle (ergo der Computermouse) hinzuweisen.

Einerseits ist der Ursprung der bereits erwähnten, graphischen Unregelmässigkeit zu klären, die beispielsweise in Abbildung 18 zu sehen ist und die an der Linearität der Ergebnisse zweifeln lässt. Mehrere Punkte lassen hierzu den Eindruck entstehen, dass es sich dabei um ein methodisches Artefakt handelt: In der Nachbefragung gaben einige Probanden an, dass die Computermouse zu Beginn der Urteilsabgabe einen zwar minimalen, aber dennoch deutlich spürbaren, Verzögerungsmoment produziere. Mit anderen Worten wurde die Mouse mit der Hand zwecks Einschätzung des räumlichen Abstandes bereits nach rechts bewegt, ohne dass der Zeiger auf dem Computerbildschirm diesem Befehl simultan Folge geleistet habe. Erst einen Augenblick später setzte sich auch der Zeiger in Bewegung. Notabene wurde diese Einschätzung nicht von allen Probanden geteilt und konnte aus technischer Perspektive auch nicht bestätigt oder widerlegt werden. Die implizite Korrektur einer solchen allfälligen Verzögerung könnte aber eine Rolle in der Urteilsabgabe gespielt und Verzerrungen produziert haben. Wie den einzelnen Abbildungen zu entnehmen ist, sind aber diese Verzerrungen nicht systematisch, so dass erst die Versuchsreihe ohne Computermouse helfen wird, diese Frage definitiv zu klären.

Andererseits fördert jede Bedingung, unabhängig vom Auftreten des Tau-Effekts, dasselbe Bild zutage: Nur drei von sechs Kombinationen, namentlich Nummer 4, Nummer 5 und Nummer 6, sind überhaupt interpretierbar. Die anderen drei sind aufgrund der Unregelmässigkeit der entsprechenden Graphen und aufgrund der teils überaus schwachen Korrelationswerte hingegen nicht klassifizierbar. Sprich, sie weisen weder auf

eine Zentrierung auf die erfragte Dimension Raum unter Nichtberücksichtigung der Dimension Zeit hin, noch sprechen sie für eine gegenseitige Beeinflussung beider Dimensionen im Sinne eines Tau-Effekts. Exemplarisch soll hierfür nochmals auf Abbildung 17 verwiesen werden. Da die Skala unabhängig von der Darbietungsausrichtung immer gleich positioniert war, namentlich horizontal mit dem Nullpunkt auf der linken Seite, mussten die Probanden zwangsläufig eine mentale Rotationsleistung erbringen; hierbei lassen sich anhand der Ergebnisse drei Gruppen bilden:

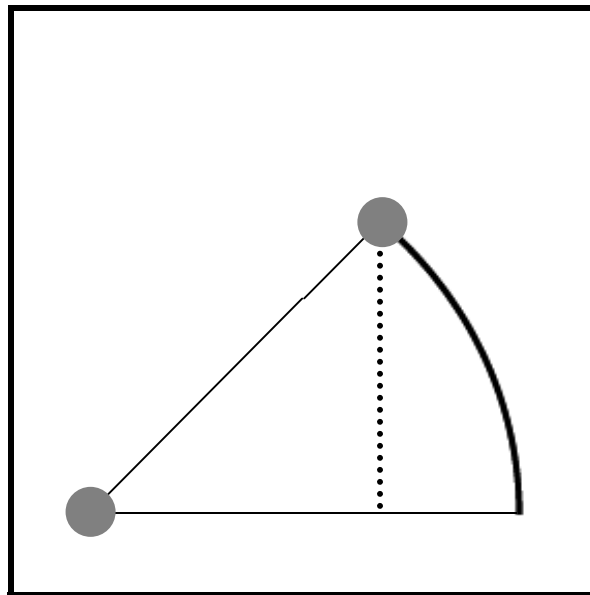
Keine oder eine sehr kleine Rotationsleistung musste in den Kombinationen 4 und 6 erbracht werden (Gruppe 1). Im ersten Fall befand sich der Darbietungsbeginn auf der gleichen Seite wie der Nullpunkt der Skala, so dass die Darbietung der Richtung der Skala folgte (horizontal von links nach rechts). Im zweiten Fall war lediglich ein Winkel von 45° zu korrigieren, wobei auch hier Darbietungsbeginn und Darbietungsrichtung mit der Skala faktisch übereinstimmten. In der Tat führten diese Kombinationen ausnahmslos zu klar interpretierbaren Resultaten.

Genau seitenverkehrt gestalteten sich die Kombinationen 1 und 3 (Gruppe 2). Hier befand sich der Startpunkt der Darbietung auf der rechten (oberen) Bildschirmseite, während aber der Nullpunkt der Skala links positioniert war. Die Darbietung verlief also entgegen der Skalenrichtung; Resultat war in beiden Kombinationen uninterpretierbare Datenmuster. Wie bereits Shepard und Kollegen in ihren klassischen Studien aufzeigen konnten, korreliert die mentale Rotationszeit hoch mit der physischen Rotationszeit, also der benötigten Zeitspanne, um ein Objekt tatsächlich zu drehen (Shepard & Metzler, 1971; Cooper & Shepard, 1973). Die Komplexität der Figur spielt hierbei hingegen eine untergeordnete Rolle (Cooper, 1975; Cooper & Podgorney, 1976). Im eigenen Experiment ging es um die Rotation eines gegebenen räumlichen Abstandes, der im Hinblick auf die Antwortskala „normalisiert“ (Bülthoff & Ruppertsberg, 2003, S. 103) werden musste. Die Zeit, die für diese Rotationsleistung benötigt wurde, ist zwar nicht von direktem Interesse, könnte aber einen Einfluss auf das Ergebnis gehabt haben. Namentlich wurden überaus feine Effekte gemessen, die sehr präzise Antworten verlangten. Eine hohe Rotationsleistung, einhergehend mit einer grösseren Zeitspanne zwischen dem Ende der Darbietung und dem kognitiven Urteil auf der einen Seite sowie der Verschiebung des Computermouseigers und der Abgabe des physischen Urteils auf der anderen Seite, könnte sich verfälschend ausgewirkt haben. Ob dem aber tatsächlich so ist, wird im Rahmen weiterer Experimente zu prüfen sein.

Die dritte Gruppe wird durch die vertikal ausgerichteten Darbietungen gebildet. In beiden



Fällen ist eine mentale Rotation um  $90^\circ$  erforderlich, die Resultate divergieren aber im höchsten Masse. Im Falle von Kombination 5 muss der zweite Stimulus um  $90^\circ$  rotiert werden, um die Darbietung der Skala anzupassen. Bei Kombination 2 muss hingegen einerseits der Startpunkt rotiert werden, aber andererseits auch die ganze Darbietung mental noch so verschoben werden, dass ebendieser Startpunkt auf den Nullpunkt der Skala zu liegen kommt. Erst dann kann ein Urteil gefällt werden. Die höhere Anforderung dieser mehrteiligen Rotation könnte den uninterpretierbaren Resultaten zugrunde liegen.



*Abbildung 26.* Vergleich von möglichen Antworttypen bei Kombination 6. Die durchgezogene Linie zeigt das korrekte, die gepunktete Linie das falsche Urteil.

Aber auch im Rahmen der ersten Gruppe, also bei Kombination 4 und Kombination 6, kann in Bezug auf die erforderliche Rotationsleistung ein Problem auftreten. Im Falle der diagonalen Ausrichtung könnten die Versuchspersonen sozusagen der Versuchung zum Opfer fallen, den Weg des geringsten Widerstandes – oder in diesem Falle der geringsten Rotation – zu gehen. Abbildung 26 zeigt für die diagonale Ausrichtung schematisch auf, wie ein Urteil ohne mentale Rotationsleistung aussehen würde. Hierbei steht die durchgezogene Linie für das normative, mental rotierte und somit auf die horizontale Skala angepasste Urteil (der vermeintliche Einfluss der Zeitdimension wird hierbei ausser Acht gelassen). Die gepunktete Linie steht hingegen für ein Urteil ohne solche ‚Normalisierung‘. Zu sehen ist, dass bei diagonal ausgerichteten Kombinationen der zweite Stimulus einfach als Referenzpunkt genommen wird, der gerade nach unten gezogen wird (gepunktete Linie), statt ihn zwecks Urteils in einem Bogen nach unten zu ziehen (durchgezogene Linie). Um zu überprüfen, ob eine solche Verzerrung tatsächlich

stattgefunden haben könnte, wurden über alle vier Bedingungen die absoluten Antworten zur Darbietung mit dem grössten räumlichen Abstand (17.1 cm, respektiv 12.17°) und dem längsten zeitlichen Intervall (1800 ms) in Kombination 4 und Kombination 6 verglichen. Hierbei müsste der Unterschied, falls vorhanden, am deutlichsten zu erkennen sein. In der Tat zeigte sich, dass die Urteile der horizontalen Ausrichtung im Mittel bei 161.69 Einheiten angesiedelt waren, während der Mittelwert der diagonalen Ausrichtung lediglich 149.84 Einheiten betrug (was einem Unterschied von 11.85 Einheiten entspricht). Dieser Unterschied erweist sich aus statistischer Perspektive als signifikant,  $t(79) < .05$ . Dieses Problem wird im Rahmen der allgemeinen Diskussion zu den Vorversuchen 1.1. bis 1.3. nochmals aufgegriffen. Auf eine Diskussion der einzelnen Kombinationen wird in diesem und in den folgenden Experimenten aber verzichtet. Auf diese Resultate wird in der abschliessenden Diskussion der ganzen Arbeit vertieft eingegangen.

#### **4.2. Vorversuch 1.2. (Kappa-Effekt):**

##### **Vierfache Variation der Bewegungsinduzierung bei Erwachsenen**

Nachdem bei erwachsenen Versuchspersonen der Tau-Effekt unter verschiedenen Bedingungen untersucht wurde, sollte anhand von Vorversuch 1.2. der vermeintlich gegenteilige Kappa-Effekt, also den Einfluss der Raumdimension auf Zeiturteile, überprüft werden.

##### **4.2.1. Methode**

**Versuchspersonen.** Wie in Vorversuch 1.1. zum Tau-Effekt nahmen auch in dieser Untersuchung insgesamt 40 erwachsene Versuchspersonen teil, die zufällig in eine von vier Bedingungen an je zehn Versuchspersonen eingeteilt wurden. Tabelle 11 gibt die Altersangaben und die Geschlechterverteilung pro Bedingung und im Gesamten wieder. Alle Versuchspersonen waren rechtshändig oder waren zumindest gewohnt, die Computermouse mit der rechten Hand zu bedienen. Auch berichteten alle Probanden über gutes Sehvermögen, teilweise erreicht durch ein Hilfsmittel (Brille oder Kontaktlinsen).

Tabelle 11

*Altersangaben und Geschlechterverteilung in Vorversuch 1.2., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, vierfache Variation der Bewegungsinduzierung bei Erwachsenen*

Bedingung	Geschlechterverteilung w/m (Gesamt)	Durchschnittsalter der Probanden (yy;mm)	Altersbereich (yy;mm – yy;mm)
1	6/4 (10)	24;06	21;09 – 32;06

2	5/5 (10)	23;11	22;00 – 26;02
3	6/4 (10)	24;08	22;01 – 27;03
4	4/6 (10)	24;00	21;08 – 26;05
Gesamt	21/19 (40)	24;03	21;08 – 32;06

**Versuchsparameter.** Die Versuchsparameter entsprachen jenen in Vorversuch 1.1. (siehe Tabelle 5 und Abbildung 11), definitionsgemäss wurden nun aber zeitliche Urteile erfragt. Während die Skala in räumlichen Aufgaben verwendet werden konnte, um darauf quasi 1 zu 1 den eben gesehenen räumlichen Abstand zu übertragen, entpuppten sich zeitliche Urteile konzeptuell als ungleich schwieriger. Das Problem bestand für die Probanden oft darin, dass der Skala keine eigentliche Masseinheit zugeschrieben werden konnte. So widerspiegelte die Gesamtbreite der Skala nicht eine Sekunde oder eine Minute, sondern sollte als subjektives Abbild des wahrgenommenen zeitlichen Intervalls dienen. In diesem Sinne galt es in Laufe der Probetrials, der Skala eine eigene Masseinheit zuzuschreiben.

**Versuchsablauf.** Nachdem die jeweilige Instruktion geliefert wurde, konnte mittels Probetrials sichergestellt werden, dass die Probanden alles verstanden und sich auch an die Versuchsumgebung und die Versuchsanordnung gewöhnt hatten. Da Zeiteinschätzungsaufgaben, wie oben beschrieben, allgemein als schwieriger empfunden wurden und da es galt die Skala im Laufe der Probetrials sozusagen auszutarieren, konnten die Probanden auf Wunsch auch mehr als die vorgegebenen 20 Probetrials absolvieren. Trotz anfänglichen Schwierigkeiten wurde diese Option aber von niemandem in Anspruch genommen. Während dem ersten Block von 18 Experimentaltrials blieb der Versuchsleitende noch im Raum, während den restlichen 25 bis 35 Minuten arbeiteten die Versuchspersonen alleine, wobei sie aber gefilmt wurden.

#### 4.2.2. Resultate

Im Gegensatz zu den vorangehenden Untersuchungen zum Tau-Effekt lassen sich die Ergebnisse von Vorversuch 1.2. in nur wenigen Worten zusammenfassen: Der Kappa-Effekt konnte in keiner Bedingung nachgewiesen werden. Und somit konnte auch durch keine Kombination ein besonderer Grad an Bewegungsinduzierung modelliert werden. Siehe jeweils Tabelle 12 zu Bedingung 1, Tabelle 13 zu Bedingung 2, Tabelle 14 zu Bedingung 3 und Tabelle 15 zu Bedingung 4.

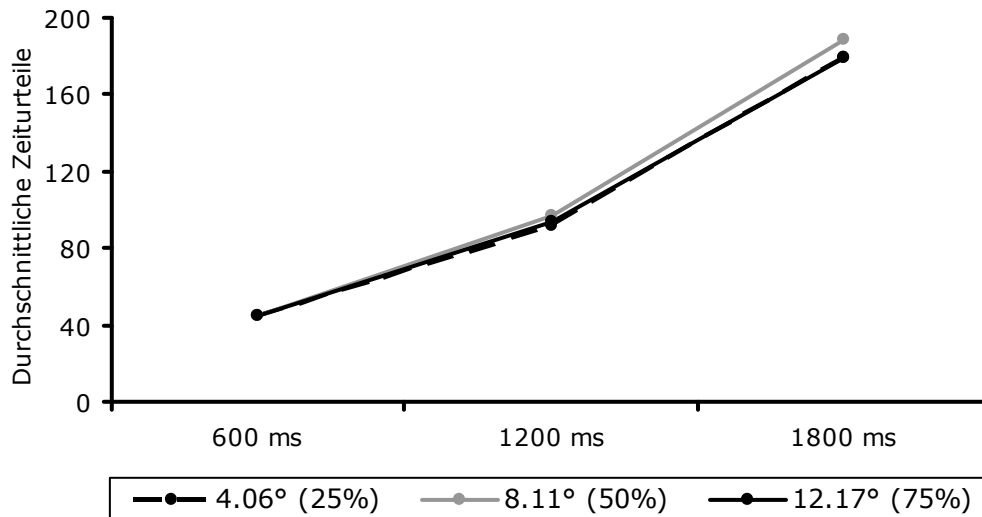


Abbildung 27. Resultat von Vorversuch 1.2., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Erwachsene, Bedingung 3 (mit Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, kein Ton), Beginn unten links/horizontale Ausrichtung (Kombination 4).

Einzig in der dritten Bedingung, also bei der Induzierung einer Bewegung durch die Instruktion (ein sich bewegendes Objekt) und der Beschaffenheit der Stimuli (zwei gleichfarbige Punkte), konnten bei horizontal ausgerichteten Reizen mit Darbietungsbeginn in der unteren linken Bildschirmecke (Kombination 4) sowohl signifikante Haupteffekte (Zeit  $F[2, 18] = 171.688, p < .001$ ; Raum  $F[2, 18] = 3.677, p < .05$ ), als auch eine nicht signifikante Interaktion ( $F[4, 36] = 0.680, p = .610$ ) ermittelt werden (Tabelle 14). Obwohl dies aus statistischer Sicht auf einen Effekt schliessen lassen würde, zeigt die entsprechende Graphik aber, dass die Vektoren nicht die Rangordnung aufweisen, die sie im Falle eines Kappa-Effekts haben müssten (Abbildung 27).

Ebenso zeigen die Kombinationen 1 bis 3 aller vier Bedingungen zwar jeweils signifikante Haupteffekte, gleichzeitig aber auch signifikante Interaktionen. Dies lässt zusammen mit den teils schwachen Produkt-Moment-Korrelationswerten und den graphischen Mustern (siehe exemplarisch Abbildung 17) wieder auf nicht interpretierbare Resultate schliessen. Diesbezüglich sind Vorversuch 1.1. und 1.2. also deckungsgleich.

#### Tabelle 12

Resultate von Vorversuch 1.2., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Erwachsene, Bedingung 1 (ohne Bewegungsinduzierung: zwei Farben, kein Ton)

	rechts oben/horizontal Kombination 1	rechts oben/vertikal Kombination 2	rechts oben/diagonal Kombination 3
HE Zeit	$F(2, 18) = 48.386, p < .001$	$F(2, 18) = 101.153, p < .001$	$F(2, 18) = 105.142, p < .001$
HE Raum	$F(2, 18) = 104.812, p < .001$	$F(2, 18) = 140.553, p < .001$	$F(2, 18) = 26.038, p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 39.134, p < .001$	$F(4, 36) = 186.767, p < .001$	$F(4, 36) = 97.876, p < .001$
Pearson	$r = 0.375$	$r = 0.353$	$r = 0.233$
Graphik	---	---	---
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt
	links unten/horizontal Kombination 4	links unten/vertikal Kombination 5	links unten/diagonal Kombination 6
HE Zeit	$F(2, 18) = 412.943, p < .001$	$F(2, 18) = 1020.72, p < .001$	$F(2, 18) = 261.660, p < .001$
HE Raum	$F(2, 18) = 3.232, p = .063$	$F(2, 18) = 1.149, p = .339$	$F(2, 18) = 1.934, p = .173$
Interakt.	$F(4, 36) = 122.092, p = .695$	$F(4, 36) = 114.006, p = .739$	$F(4, 36) = 1.696, p = .172$
Pearson	$r = 0.429$	$r = 0.407$	$r = 0.409$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

Tabelle 13

Resultate von Vorversuch 1.2., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Erwachsene, Bedingung 2 (ohne Bewegungsinduzierung: zwei Farben, zwei Töne)

	rechts oben/horizontal Kombination 1	rechts oben/vertikal Kombination 2	rechts oben/diagonal Kombination 3
HE Zeit	$F(2, 18) = 73.993, p < .001$	$F(2, 18) = 191.598, p < .001$	$F(2, 18) = 39.651, p < .001$
HE Raum	$F(2, 18) = 219.701, p < .001$	$F(2, 18) = 48.944, p < .001$	$F(2, 18) = 116.701, p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 72.786, p < .001$	$F(4, 36) = 190.154, p < .001$	$F(4, 36) = 95.420, p < .001$
Pearson	$r = 0.465$	$r = 0.159$	$r = 0.270$
Graphik	---	---	---
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

Tabelle 13 (Fortsetzung)

Resultate von Vorversuch 1.2., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Erwachsene, Bedingung 2  
(ohne Bewegungsinduzierung: zwei Farben, zwei Töne)

	links unten/horizontal Kombination 4	links unten/vertikal Kombination 5	links unten/diagonal Kombination 6
HE Zeit	$F(2, 18) = 367.359, p < .001$	$F(2, 18) = 210.663, p < .001$	$F(2, 18) = 254.457, p < .001$
HE Raum	$F(2, 18) = 1.352, p = .284$	$F(2, 18) = 0.434, p = .655$	$F(2, 18) = 0.468, p = .634$
Interakt.	$F(4, 36) = 85.664, p = .839$	$F(4, 36) = 0.468, p = .759$	$F(4, 36) = 0.648, p = .632$
Pearson	$r = 0.327$	$r = 0.389$	$r = 0.363$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

Die folgenden zwei Tabellen liefern eine Übersicht zu den zwei Bedingungen mit Bewegungsinduzierung. Die statistischen Kennwerte zu Kombination 4 von Bedingung 3 wurden bereits einleitend kommentiert (siehe auch Abbildung 27).

Tabelle 14

Resultate von Vorversuch 1.2., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Erwachsene, Bedingung 3  
(mit Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, kein Ton)

	rechts oben/horizontal Kombination 1	rechts oben/vertikal Kombination 2	rechts oben/diagonal Kombination 3
HE Zeit	$F(2, 18) = 39.276, p < .001$	$F(2, 18) = 158.788, p < .001$	$F(2, 18) = 83.928, p < .001$
HE Raum	$F(2, 18) = 231.637, p < .001$	$F(2, 18) = 110.964, p = .001$	$F(2, 18) = 56.179, p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 60.219, p < .001$	$F(4, 36) = 331.139, p < .001$	$F(4, 36) = 85.957, p < .001$
Pearson	$r = 0.341$	$r = 0.243$	$r = 0.200$
Graphik	---	---	---
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

	links unten/horizontal Kombination 4	links unten/vertikal Kombination 5	links unten/diagonal Kombination 6
HE Zeit	$F(2, 18) = 171.688, p < .001$	$F(2, 18) = 76.651, p < .001$	$F(2, 18) = 123.228, p < .001$
HE Raum	$F(2, 18) = 3.677, p < .05$	$F(2, 18) = 0.046, p = .955$	$F(2, 18) = 35.572, p = .946$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.680, p = .610$	$F(4, 36) = 0.176, p = .949$	$F(4, 36) = 1.701, p = .171$
Pearson	$r = 0.462$	$r = 0.509$	$r = 0.527$
Graphik	überlappend aufsteigend *	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Kappa-Effekt *	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

Tabelle 15

Resultate von Vorversuch 1.2., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Erwachsene, Bedingung 4  
(mit Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, nur ein Ton)

	rechts oben/horizontal Kombination 1	rechts oben/vertikal Kombination 2	rechts oben/diagonal Kombination 3
HE Zeit	$F(2, 18) = 93.461, p < .001$	$F(2, 18) = 276.824, p < .001$	$F(2, 18) = 112.008, p < .001$
HE Raum	$F(2, 18) = 229.973, p < .001$	$F(2, 18) = 76.645, p < .001$	$F(2, 18) = 337.563, p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 48.760, p < .001$	$F(4, 36) = 716.021, p < .001$	$F(4, 36) = 245.992, p < .001$
Pearson	$r = 0.369$	$r = 0.321$	$r = 0.402$
Graphik	---	---	---
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt
	links unten/horizontal Kombination 4	links unten/vertikal Kombination 5	links unten/diagonal Kombination 6
HE Zeit	$F(2, 18) = 1223.23, p < .001$	$F(2, 18) = 223.397, p < .001$	$F(2, 18) = 575.577, p < .001$
HE Raum	$F(2, 18) = 2.523, p = .108$	$F(2, 18) = 0.025, p = .976$	$F(2, 18) = 1.466, p = .257$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.929, p = .458$	$F(4, 36) = 1.125, p = .360$	$F(4, 36) = 3.010, p = .031$
Pearson	$r = 0.437$	$r = 0.252$	$r = 0.579$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

#### 4.2.3. Diskussion

Die Resultate von Vorversuch 1.2., so schnell sie auch zusammengefasst seien, zeigen in zweierlei Hinsicht Erstaunliches. Der eine Punkt betrifft das bereits andiskutierte Problem der mentalen Rotation, der zweite Punkt die Resultate in den Bedingungen mit akustischer Untermuerung der Darbietung.

Im Rahmen des Tau-Effekts wird faktisch ‚nur‘ eine analoge Übertragung der wahrgenommenen Distanz auf die Antwortskala verlangt. Im Falle der unten links beginnenden horizontalen Darbietung (Kombination 4) ist diese Übertragung von rein wahrnehmerischem Charakter, also sozusagen ohne kognitive Leistung zu bewältigen. Neben der zeitlichen Dimension tritt aber bei gewissen Kombinationen auch die mentale Rotation als beeinflussende Variable auf den Plan. Denn die analoge Qualität der Skala verlangt, wie bereits diskutiert, eine Normalisierung der vertikal und diagonal dargebotenen Distanzen auf die horizontale Skala. Mit anderen Worten, es gilt den physischen Raum zu rotieren. Stellt sich nun die Frage, ob das abstrakte Konstrukt Zeit derselben Rotationsnotwendigkeit unterliegt.

Betrachtet man in Vorversuch 1.2. die Resultate der Kombinationen 1 bis 3, allesamt wie im vorangehenden Vorversuch 1.1. als ‚nicht interpretierbar‘ kategorisiert, scheint die Antwort erstaunlicherweise ‚Ja‘ zu lauten. Wären nur Antworten geliefert worden, die die räumliche Dimension nicht mit einbeziehen, müssten die Graphen in allen Fällen linear aufsteigende, sich überlappende Vektoren aufweisen. Namentlich auch in jenen Kombinationen, die räumlich nicht wie die horizontale Antwortskala ausgerichtet sind. Schliesslich wird das zeitliche Intervall erfragt, das mental eigentlich nicht rotiert werden müsste.

Nun, die Resultate der Kombinationen 4 bis 6 aller Bedingungen sprechen mit Deutlichkeit gegen einen Kappa-Effekt. Und zwar sowohl aus der Perspektive der statistischen Kennwerte als auch aus der Perspektive der graphischen Muster. Fazit daraus müsste sein, dass in allen vier Bedingungen von Vorversuch 1.2. das zeitbezogene Urteil ohne Einflussnahme der räumlichen Information getroffen wurde. Wiederum zeigen die nicht interpretierbaren Kombinationen einen vermeintlich raumbezogenen Bias, wie er im Rahmen des Tau-Effekts gefunden wurde. Dies würde darauf schliessen lassen, dass eine räumliche Komponente doch Bestandteil der Urteile gewesen ist. Frage ist, ob es sich hierbei um die räumlich geartete Antwortskala gehandelt hat oder ob weitere Facetten des vermeintlich raumlosen Zeitkonstruktes zu entdecken sind. Die unnütz erscheinenden, weil nicht interpretierbaren Kombinationen werfen also interessante Fragen bezüglich der ‚Räumlichkeit‘ zeitlicher Informationen auf. Auf einer einfachen, nahezu rein wahrnehmungsbezogenen Ebene lässt sich mit der hier verwendeten Methode der vermeintliche Einfluss der Raumdimension auf das Zeiturteil nicht evozieren. Erfordert das Urteil aber kognitive Zwischenschritte wie das abstrakte Rotieren der Darbietung zwecks ‚Normalisierung‘ im Hinblick auf die Antwortskala, entwickelt das Problem eine neue Komplexität.

Der zweite, einleitend angesprochene Aspekt betrifft die sonore Begleitung in Bedingung 2 und Bedingung 4. Berechtigterweise könnte man die zusätzliche Darbietung eines Tones bei Zeiturteilen als müssig betrachten. In der bewegungsinduzierungslosen Bedingung 2 ist während der visuellen Darbietung der zwei Stimuli je ein Ton zu hören. In der Bedingung mit Bewegungsinduzierung ist hingegen ein einzelner, langgezogener Ton zu hören. In beiden Fällen wird dadurch faktisch die zu beurteilende zeitliche Ausdehnung der Darbietung beschrieben. Mit anderen Worten könnte man theoretisch den Kappa-Effekt umgehen, indem entgegen der Instruktion blindlings nur auf den Ton geachtet werden würde. Offensichtlicherweise haben die Versuchspersonen ihren Fokus aber auf die visuellen Elemente der Darbietung gelegt. Einerseits zeigen sich die Probanden in Vorversuch 1.2. gemäss der Auswertung der Videobänder genauso aufmerksam wie in



Vorversuch 1.1. (theoretisch hätten sie die Augen verschliessen oder wegschauen können). Andererseits produzieren sie bei hoher mentaler Rotationserfordernis uninterpretierbare Muster.

Dieses durchaus erstaunliche Resultat deckt sich mit Befunden von Casasanto und Boroditsky (2008, Experiment 4). Sie haben den Versuchspersonen an einem Computerbildschirm Linien dargeboten, die in einer bestimmten Zeitspanne um eine bestimmte Länge anwuchsen (*growing lines-paradigm*). Kombiniert wurden neun Zeitdauern (1000 ms bis 5000 ms in Schritten von 500 ms) und neun Linienlängen (200 bis 800 Pixels in Schritten von 75 Pixels) zu insgesamt 162 Trials. Nach jeder Darbietung erschien entweder das Wort ‚space‘ oder das Wort ‚time‘ auf dem Bildschirm. Entsprechend sollten die Teilnehmer den Zeiger der Computermouse an einen bestimmten Ort des Bildschirms ansetzen und so weit nach rechts ziehen wie die vorangehend dargebotene Linie lang gewesen ist (Bedingung ‚space‘). Oder sie sollten die Maustaste einmal betätigen, das eben dargebotene zeitliche Intervall abwarten und dann dessen Ende mit einem erneuten Mausklick anzeigen (Bedingung ‚time‘). Pro Dimension und Trial wurde also nur ein Urteil erfragt. Wie in Bedingung 4 vom eigenen Vorversuch 1.2. wurde das Anwachsen der Linie durch einen Ton von 240 Hertz begleitet, der genau so lange dauerte wie die Darbietung selbst.

Die entsprechenden Resultate zeigen, dass zeitliche Urteile durch räumliche Informationen beeinflusst werden. Analog dem Kappa-Effekt wurden also jene Darbietungszeiten als länger/kürzer eingeschätzt, die mit einer längeren/kürzeren Linie einhergingen. Die Rauminformation übte also einen signifikanten Einfluss aus, obwohl die zeitliche Information durch einen Ton untermauert wurde. Eigentlich hätten die Probanden, wie in der eigenen Untersuchung, nur auf diesen Ton achten können. Das Resultat ist aber auch deshalb erstaunlich, weil die Zeitdimension zwei Informationskanäle belegte, während sich die Raumdimension nur einem Signal bediente: Obwohl dem Menschen zwar ein eigentliches Sinnesorgan für Zeiterfassung abgesprochen wird (Glicksohn & Myslobodsky, 2006), besitzt er die Fähigkeit sich in der Zeit zu bewegen und diese in abstraktem Sinne wahrzunehmen. Das zweite zeitbezogene Signal bestand wiederum aus der Übersetzung dieser abstrakten Zeitinformation in ein konkretes akustisches Signal. Dem stand im räumlichen Kontext hingegen ‚nur‘ die visuelle Information gegenüber. Diese Resultate bestätigen aber einmal mehr, dass „der visuelle Sinn in mancher Hinsicht als dominierend erscheint“ (Schröger, Kaernbach & Schönwiesner, 2008, S. 60). Zeitinformationen lassen sich somit entweder nicht akkumulieren oder aber deren Akkumulation vermag es nicht die Salienz visueller Informationen zu überbieten.

Im Rahmen der Diskussion zu Vorversuch 1.1. wurde ein Punkt angesprochen, der sich in

der hier thematisierten Untersuchung wiederholt. Namentlich die Unregelmässigkeit, die in bestimmten Graphiken auftritt und so die vermeintliche Linearität der Urteile kompromittiert (vgl., Abbildung 18 zu Vorversuch 1.1. und Abbildung 27 zu Vorversuch 1.2.). In einem ersten Schritt wurde diese Unregelmässigkeit mit methodischen Artefakten erklärt. Da dieses Phänomen aber ebenfalls in zeitbezogenen Urteilen auftritt, soll nun auch eine kognitionsgebundene Erklärung als Alternative herangezogen werden. Zur Vereinfachung soll hierzu nicht ein psychophysikalisches, sondern ein sozialpsychologisches Beispiel verwendet werden.

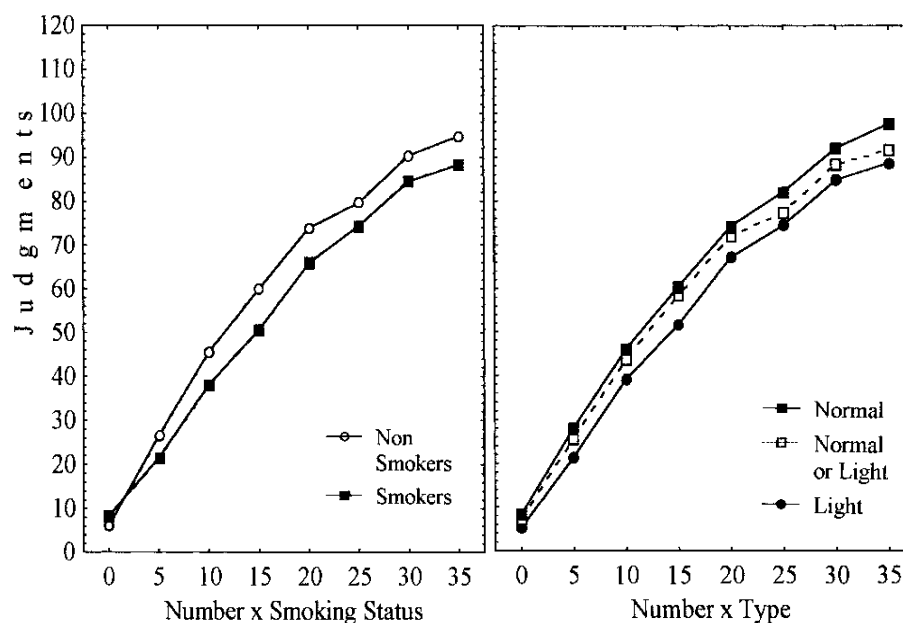


Abbildung 28. Durchschnittliche Einschätzung des Krebsrisikos in Abhängigkeit vom täglichen Konsum und vom Zigarettentypus (Muñoz Sastre, Mullet & Sorum, 1999, S. 569).

Mullet und Kollegen (Fouquereau, Fernandez, Mullet & Sorum, 2003; Gamelin, Muñoz Sastre, Sorum & Mullet, 2006; Hermand, Mullet & Lavieville, 1997; Muñoz Sastre, Mullet & Sorum, 1999) haben sich im Rahmen verschiedener Studien einen grossen Vorteil des Funktionalen Messens nach Anderson (1983, 1996) zunutze gemacht, namentlich der subjektiven Skalierung (freie Übersetzung für den englischen Terminus *scale value*). So haben sie ihren Probanden beispielsweise die Geschichte einer fiktiven Person geschildert, die täglich eine gewisse Anzahl Zigaretten einer bestimmten Marke raucht. Die über 150 Versuchspersonen sollten anhand dieser Informationen das Risiko einer Krebserkrankung einschätzen. Die rechte Seite von Abbildung 28 zeigt in der Abszisse den linearen Anstieg an täglichem Zigarettenkonsum, die Vektoren entsprechen wiederum den drei Zigarettentypen. Auf der einen Seite wird augenscheinlich, dass das Rauchen von so genannten Light Zigaretten (fälschlicherweise) als weniger schädlich empfunden wird. Auf

der anderen Seite beschreiben die drei Vektoren logarithmische Funktionen: Im hohen Konsumbereich nimmt die wahrgenommene Gefahr in Bezug auf die gerauchte Menge offenbar ab. Die Probanden folgen also nicht dem linearen Charakter der tatsächlichen Menge an Zigaretten um das Risiko einzuschätzen, sondern wenden eine logarithmische Funktion an (dasselbe gilt im Vergleich zwischen Raucher und Nicht-Raucher; siehe linke Seite von Abbildung 28). Mit anderen Worten erscheint der Schritt zwischen null und fünf Zigaretten subjektiv grösser, als der Schritt zwischen 30 und 35 Zigaretten.

Die eigenen Daten operieren mit drei Datenpunkten, so dass die mathematische Funktion nicht eindeutig ermittelbar ist. Der konkave Charakter der Vektoren lässt aber eine exponentielle Funktion vermuten. Im Gegensatz zu den eben vorgestellten Daten würde das also heissen, dass die Abstände im unteren Bereich subjektiv grösser erscheinen, als die Abstände im oberen Bereich. Es wird aber noch zu klären sein, ob die eben vorgestellte Erklärung plausibler ist als die Erklärung anhand methodengebundener Artefakte.

### **4.3. Vorversuch 1.3. (Tau-Effekt):**

#### **Zweifache Variation der Bewegungsinduzierung bei Kindern**

Dieser Vorversuch untersucht bei 6- und 9-jährigen Kindern im Rahmen des Tau-Effekts nur jene Bedingungen, die im Rahmen von Vorversuch 1.1. (Tau-Effekt bei Erwachsenen) die deutlichsten Ergebnisse gezeigt haben. Neben dem Ziel verschiedene Altersklassen zu vergleichen, sollte auch die Methode (ergo die Urteilsabgabe mittels Computermouse) hinsichtlich ihrer grundsätzlichen Anwendbarkeit bei Kindern geprüft werden.

#### **4.3.1. Methode**

**Versuchspersonen.** In beiden Altersklassen nahmen pro Bedingung je zehn Probanden teil. Tabelle 16 gibt, sortiert nach Altersklasse, Auskunft über das durchschnittliche Alter der Versuchspersonen und deren Geschlechterverteilung (jeweils pro Bedingung und im Gesamten). Einzige Teilnahmeeinschränkung dieser Untersuchung bildete die Händigkeit der Kinder. Da nicht wie bei den Erwachsenen davon ausgegangen werden konnte, dass alle Kinder vergleichbare Erfahrung mit der Computermouse hatten, wurden nur rechtshändige Probanden untersucht. Alle Probanden berichteten zudem über gutes Sehvermögen, teils erreicht durch eine Brille.

**Versuchsparameter.** Um die Aufmerksamkeit der Kinder während der ganzen Erhebung aufrecht erhalten zu können, wurden nur Bedingungen mit akustischer

Untermalung der Stimuli dargeboten (Tabelle 5); namentlich also Bedingung 2 (zwei verschiedene Punkte) und Bedingung 4 (sich bewegendes Objekt). Die Instruktion war die gleiche wie in den entsprechenden Bedingungen von Vorversuch 1.1. (Tau-Effekt bei Erwachsenen).

**Versuchsablauf.** Nachdem die Instruktion geliefert wurde, konnte mittels 20 Probetrials sichergestellt werden, dass die Versuchspersonen alles verstanden hatten. Die Probetrials wurden zudem genutzt um die Probanden mit der ganzen Versuchsumgebung und Versuchsanordnung vertraut zu machen. Im Gegensatz zu den Erhebungen mit erwachsenen Probanden blieb der Versuchsleitende nun während der ganzen Untersuchung im Raum. Auch wurden die Zwischenpausen den Bedürfnissen der Kinder angepasst und konnten daher länger dauern als eine Minute. Dies bedeutete, dass eine einzelne Erhebung (vor allem bei den jüngsten Versuchspersonen) bis zu 45 Minuten dauern konnte.

Tabelle 16

*Altersangaben und Geschlechterverteilung in Vorversuch 1.3., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, zweifache Variation der Bewegungsinduzierung bei 6- und 9-jährigen Kindern*

Altersklasse und Bedingung		Geschlechterverteilung w/m (Gesamt)	Durchschnittsalter (yy;mm)	Altersbereich (yy;mm – yy;mm)
6	2	3/7 (10)	5 ; 11	5;08 – 6;05
	4	4/6 (10)	6 ; 02	5;09 – 6;06
	Gesamt	7/13 (20)	6 ; 01	5;08 – 6;06
9	2	5/5 (10)	9;11	8;10 – 10;11
	4	6/4 (10)	9;09	8;08 – 10;05
	Gesamt	11/9 (20)	9;10	8;08 – 10;11

#### 4.3.2. Resultate

**6-jährige Kinder.** In Bedingung 2, wenn also keine Bewegung induziert wurde, sind wieder jene Muster zu erkennen, die auch bei den Erwachsenen in derselben Bedingung von Vorversuch 1.1. aufgetreten sind. Namentlich weisen die Darbietungen mit Beginn in der unteren linken Bildschirmecke überlappend aufsteigende Muster auf (siehe exemplarisch die Resultate von Kombination 4 in Abbildung 29). Die 6-jährigen Versuchspersonen haben in diesen Fällen die Rauminformation also korrekt beachtet und liessen sich nicht durch die Zeitdimension ablenken (Tabelle 17).

Gleichzeitig liefert die vertikale Darbietung mit Beginn in der unteren linken Bildschirmecke kontroverse Resultate. Auf der einen Seite sind beide Haupteffekte, aber auch die Interaktion, signifikant (Haupteffekt Raum  $F[2, 18] = 21.734, p < .001$ ; Haupteffekt Zeit  $F[2, 18] = 3.743, p < .05$ ; Interaktion  $F[4, 36] = 2.967, p < .05$ ). Auf der anderen Seite deutet das graphische Muster, zumindest bei der grössten Distanz von  $12.17^\circ$ , auf einen Tau-Effekt hin (Abbildung 29). Da der Messwiederholungsfaktor nicht signifikant ist ( $F[1, 9] = 0.154, p = .704$ ), wurden für eine Auswertung mittels  $t$ -Test die Mittelwerte beider Durchgänge herangezogen. In keinem der drei statistischen Vergleiche kann aber nach der obligaten Bonferroni-Korrektur eine Signifikanz ermittelt werden;  $t(9) = .437$  (für 600 und 1200 ms bei  $12.12^\circ$ ),  $t(9) = .079$  (für 600 und 1800 ms bei  $12.12^\circ$ ) und  $t(9) = .556$  (für 1200 und 1800 ms bei  $12.12^\circ$ ).

Die Daten der 6-jährigen Kinder zeigen in Bedingung 4 eindeutig, dass die Aufgabe per se grosse Schwierigkeiten bereitet hat (Tabelle 18). Einzig bei diagonal ausgerichteten Stimuli, deren Darbietungsbeginn in der unteren linken Bildschirmecke situiert war, zeigen die statistischen Kennwerte signifikante Haupteffekte sowohl für die Raumdimension,  $F(2, 18) = 38.895, p < .001$ , als auch für die Zeitdimension,  $F(2, 18) = 3.501, p = .052$ ; dies effektkonform bei einer nicht signifikanten Interaktion,  $F(4, 36) = 0.268, p = .897$ . Auch die dazugehörige Graphik zeigt ein Muster entsprechend dem Tau-Effekt, sprich linear aufsteigende, parallele Vektoren (Abbildung 31).

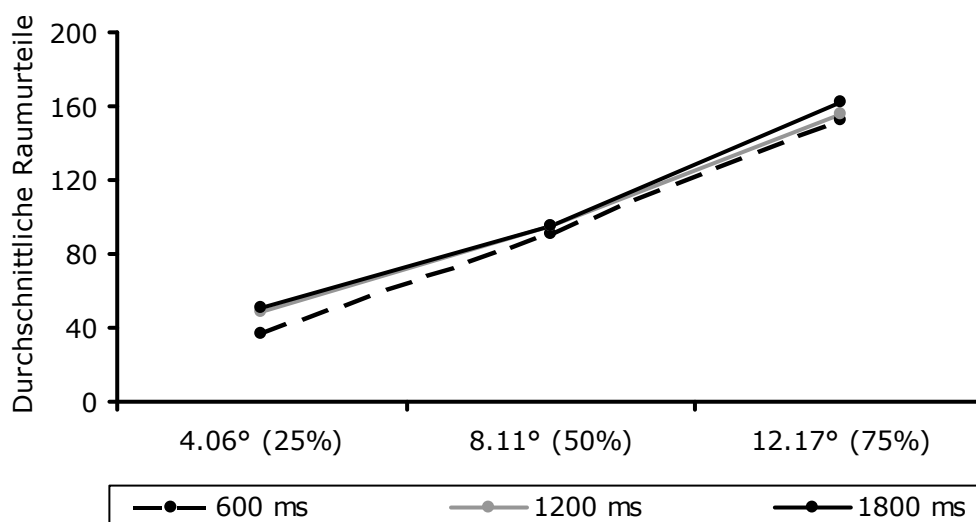


Abbildung 29. Resultat von Vorversuch 1.3., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, 6-Jährige, Bedingung 2 (ohne Bewegungsinduzierung: zwei Farben, zwei Töne), Beginn links unten/horizontale Ausrichtung (Kombination 4).

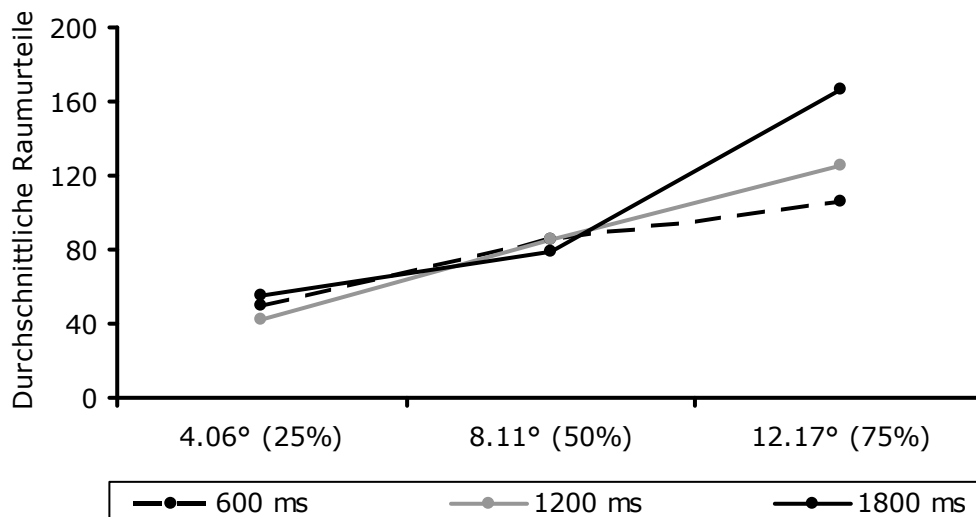


Abbildung 30. Resultat von Vorversuch 1.3., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, 6-Jährige, Bedingung 2 (ohne Bewegungsinduzierung: zwei Farben, zwei Töne), Beginn unten links/vertikale Ausrichtung (Kombination 2).

Tabelle 17

Resultate von Vorversuch 1.3, Versuchsreihe A, Tau-Effekt, 6-Jährige, Bedingung 2 (ohne Bewegungsinduzierung: zwei Farben, zwei Töne)

	rechts oben/horizontal Kombination 1	rechts oben/vertikal Kombination 2	rechts oben/diagonal Kombination 3
HE Raum	$F(2, 18) = 13.588, p < .001$	$F(2, 18) = 3.286, p = .061$	$F(2, 18) = 4.644, p < .05$
HE Zeit	$F(2, 18) = 46.968, p < .001$	$F(2, 18) = 5.143, p < .05$	$F(2, 18) = 5.229, p < .05$
Interakt.	$F(4, 36) = 12.297, p < .001$	$F(4, 36) = 15.132, p < .001$	$F(4, 36) = 8.888, p < .001$
Pearson	$r = 0.152$	$r = 0.116$	$r = 0.239$
Graphik	---	---	--
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt
	links unten/horizontal Kombination 4	links unten/vertikal Kombination 5	links unten/diagonal Kombination 6
HE Raum	$F(2, 18) = 48.754, p < .001$	$F(2, 18) = 21.734, p < .001$	$F(2, 18) = 48.085, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 1.426, p = .266$	$F(2, 18) = 3.743, p < .05$	$F(2, 18) = 2.182, p = .142$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.238, p < .915$	$F(4, 36) = 2.967, p < .05$	$F(4, 36) = 4.068, p < .05$
Pearson	$r = 0.012$	$r = 0.336$	$r = 0.248$
Graphik	überlappend aufsteigend *	--- *	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt *	kein Tau-Effekt *	kein Tau-Effekt

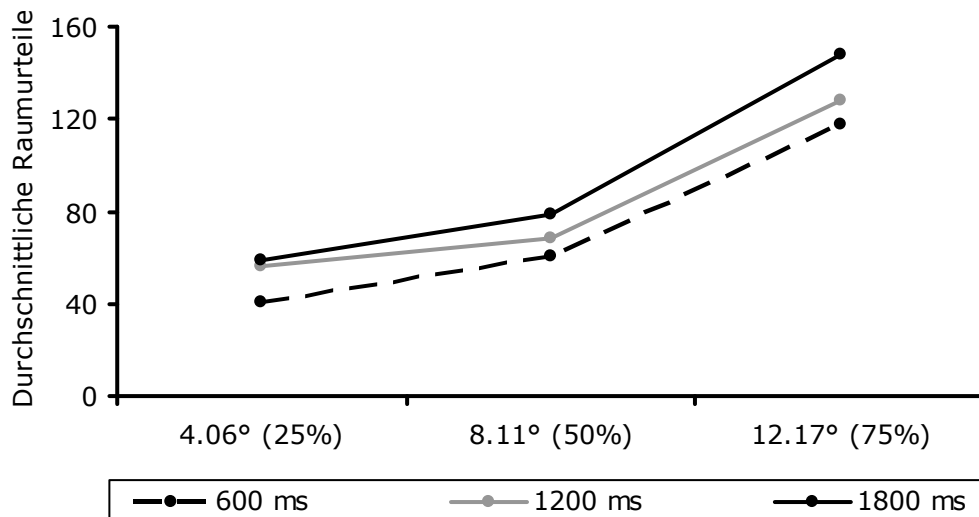


Abbildung 31. Resultat von Vorversuch 1.3., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, 6-Jährige, Bedingung 4 (mit Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, nur ein Ton), Beginn unten links/diagonale Ausrichtung (Kombination 6).

Tabelle 18

Resultate von Vorversuch 1.3, Versuchsreihe A, Tau-Effekt, 6-Jährige, Bedingung 4 (Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, nur ein Ton)

	rechts oben/horizontal Kombination 1	rechts oben/vertikal Kombination 2	rechts oben/diagonal Kombination 3
HE Raum	$F(2, 18) = 1.764, p = .200$	$F(2, 18) = 16.218, p < .001$	$F(2, 18) = 7.133, p < .05$
HE Zeit	$F(2, 18) = 5.690, p < .05$	$F(2, 18) = 0.741, p = .491$	$F(2, 18) = 11.036, p < .05$
Interakt.	$F(4, 36) = 4.568, p < .05$	$F(4, 36) = 1.397, p = .254$	$F(4, 36) = 9.652, p < .001$
Pearson	$r = 0.019$	$r = 0.471$	$r = 0.334$
Graphik	---	---	---
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt
	links unten/horizontal Kombination 4	links unten/vertikal Kombination 5	links unten/diagonal Kombination 6
HE Raum	$F(2, 18) = 74.868, p < .001$	$F(2, 18) = 7.517, p < .05$	$F(2, 18) = 38.895, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 0.673, p = .522$	$F(2, 18) = 5.875, p < .05$	$F(2, 18) = 3.501, p = .052$
Interakt.	$F(4, 36) = 2.011, p = .114$	$F(4, 36) = 14.450, p < .001$	$F(4, 36) = 0.268, p = .897$
Pearson	$r = 0.404$	$r = 0.203$	$r = 0.170$
Graphik	---	---	parallel aufsteigend *
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	nicht eindeutig *

**9-jährige Kinder.** Die älteren Kinder zeigen graphische Muster und statistische Kennwerte, die durchaus mit jenen der Erwachsenen vergleichbar sind. So erweisen sich die Darbietungen, die in der oberen rechten Bildschirmcke begonnen haben als unklassifizierbar. Die links unten beginnenden Kombinationen zeigen hingegen überlappend aufsteigende Vektoren, die jeweils mit den entsprechenden statistischen Kennwerten darauf hindeuten, dass die Raumdimension nicht durch die Zeitinformation beeinflusst wurde. Ähnlich wie bei den 6-Jährigen erweisen sich die Darbietungen, die in der unteren linken Ecke begonnen haben und diagonal ausgerichtet waren sowohl in Bedingung 2 (Tabelle 19 und entsprechende Abbildung 32), als auch in Bedingung 4 (Tabelle 20 und entsprechende Abbildung 33) als uneindeutig.

Im ersten Fall scheint sich ein Effekt, wie bei den jüngsten Probanden, erst beim grössten räumlichen Abstand von  $17.1^\circ$  herauszukristallisieren (wobei aber neben den Haupteffekten auch die Interaktion signifikant ist: Haupteffekt Raum  $F[2, 18] = 14.510$ ,  $p < .001$ ; Haupteffekt Zeit  $F[2, 18] = 1.692$ ,  $p < .05$ ; Interaktion  $F[4, 36] = 5.610$ ,  $p < .05$ ). Im zweiten Fall unterscheidet sich das längste Zeitintervall (1800 ms) deutlich von den restlichen Intervallen und scheint auf einen Effekt hinzudeuten, obwohl aber der entsprechende Haupteffekt die Signifikanz verfehlt (Haupteffekt Raum  $F[2, 18] = 276.993$ ,  $p < .001$ ; Haupteffekt Zeit  $F[2, 18] = 2.397$ ,  $p = .119$ ; Interaktion  $F[4, 36] = 0.545$ ,  $p = .703$ ).

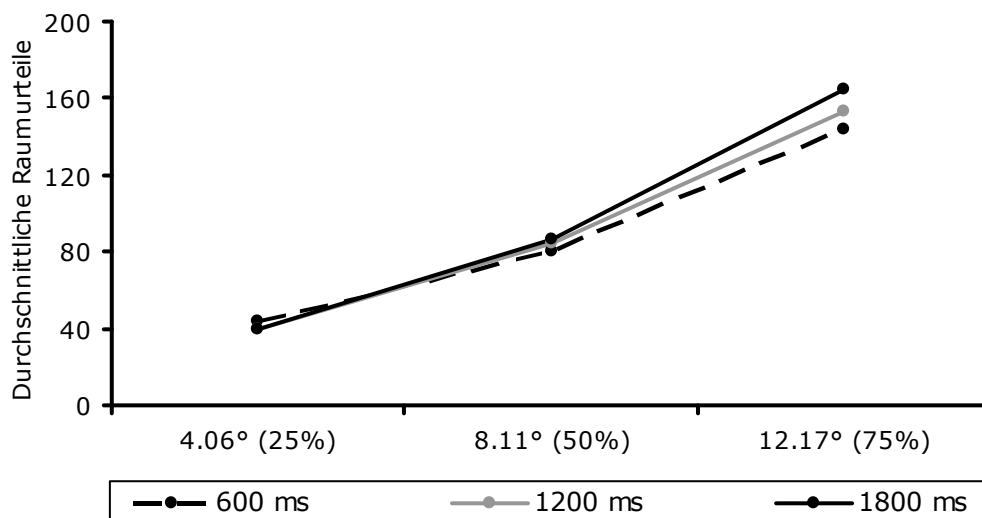


Abbildung 32. Resultat von Vorversuch 1.3., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, 9-Jährige, Bedingung 2 (ohne Bewegungsinduzierung: zwei Farben, zwei Töne), Beginn unten links/diagonale Ausrichtung (Kombination 6).



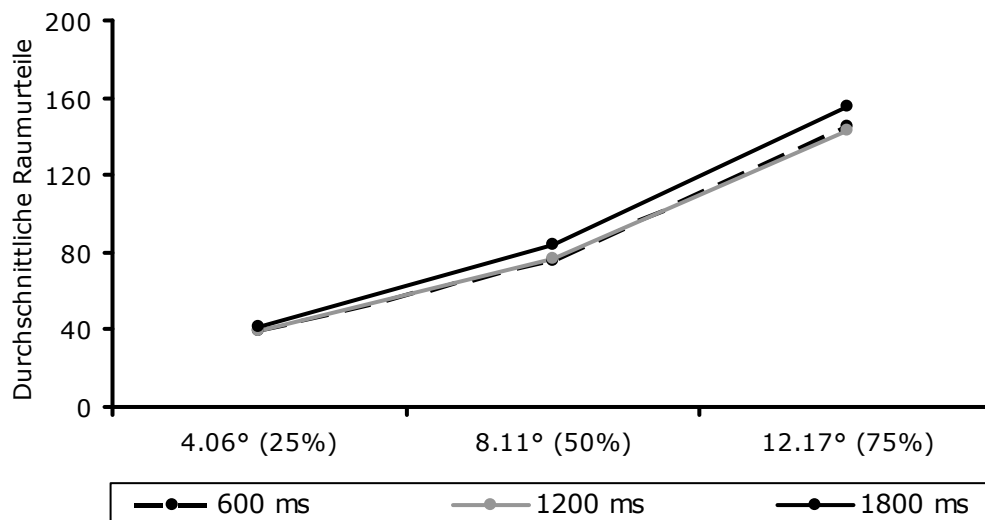


Abbildung 33. Resultat von Vorversuch 1.3., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, 9-Jährige, Bedingung 4 (mit Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, nur ein Ton), Beginn unten links/diagonale Ausrichtung (Kombination 6).

Tabelle 19

Resultate von Vorversuch 1.3., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, 9-Jährige, Bedingung 2 (ohne Bewegungsinduzierung: zwei Farben, zwei Töne)

	rechts oben/horizontal Kombination 1	rechts oben/vertikal Kombination 2	rechts oben/diagonal Kombination 3
HE Raum	$F(2, 18) = 80.001, p < .001$	$F(2, 18) = 122.766, p < .001$	$F(2, 18) = 65.952, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 38.190, p < .001$	$F(2, 18) = 64.509, p < .001$	$F(2, 18) = 49.181, p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 11.321, p < .001$	$F(4, 36) = 281.042, p < .001$	$F(4, 36) = 118.583, p < .001$
Pearson	$r = 0.106$	$r = 0.258$	$r = 0.345$
Graphik	---	---	---
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt
	links unten/horizontal Kombination 4	links unten/vertikal Kombination 5	links unten/diagonal Kombination 6
HE Raum	$F(2, 18) = 424.035, p < .001$	$F(2, 18) = 341.438, p < .001$	$F(2, 18) = 14.510, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 3.846, p < .041$	$F(2, 18) = 0.535, p = .595$	$F(2, 18) = 1.692, p < .05$
Interakt.	$F(4, 36) = 1.432, p = .243$	$F(4, 36) = 1.106, p = .369$	$F(4, 36) = 5.610, p < .05$
Pearson	$r = 0.330$	$r = 0.178$	$r = 0.318$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	nicht eindeutig *
Effekt	nicht eindeutig	kein Tau-Effekt	nicht eindeutig *

Tabelle 20

*Resultate von Vorversuch 1.3., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, 9-Jährige, Bedingung 4 (mit Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, nur ein Ton)*

	rechts oben/horizontal Kombination 1	rechts oben/vertikal Kombination 2	rechts oben/diagonal Kombination 3
HE Raum	$F(2, 18) = 40.694, p < .001$	$F(2, 18) = 75.911, p < .001$	$F(2, 18) = 62.597, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 24.428, p < .001$	$F(2, 18) = 5.073, p < .05$	$F(2, 18) = 48.655, p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 22.162, p < .001$	$F(4, 36) = 106.391, p < .001$	$F(4, 36) = 43.297, p < .001$
Pearson	$r = 0.265$	$r = 0.316$	$r = 0.387$
Graphik	---	---	---
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt
	links unten/horizontal Kombination 4	links unten/vertikal Kombination 5	links unten/diagonal Kombination 6
HE Raum	$F(2, 18) = 152.261, p < .001$	$F(2, 18) = 410.492, p < .001$	$F(2, 18) = 276.993, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 3.113, p = .069$	$F(2, 18) = 0.830, p = .452$	$F(2, 18) = 2.397, p = .119$
Interakt.	$F(4, 36) = 4.309, p < .05$	$F(4, 36) = 0.429, p = .786$	$F(4, 36) = 0.545, p = .703$
Pearson	$r = 0.607$	$r = 0.515$	$r = 0.406$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	nicht eindeutig *
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt *

#### 4.3.3. Diskussion

Im Laufe der Probetrials entstand der Eindruck, dass die 6-jährigen Probanden die Aufgabe an sich zwar verstehen würden, die Antwortgabe bereitete ihnen aber trotzdem grosse Schwierigkeiten. Hierbei ist weniger das Verständnis bezüglich der digitalen Antwortskala gemeint, als vielmehr die Benutzung der Computermouse. Die allermeisten Kinder hatten offenkundig Mühe, sich in so kurzer Zeit mit ihrer Handhabung vertraut zu machen. Ein Kind gab sogar an, ein solches Gerät „noch nie“ gesehen zu haben. Interpretierbare Muster ergaben sich in zwei Kombinationen von Bedingung 2 und einer Kombination von Bedingung 4, die einem Effekt bezüglich graphischem Muster gar sehr nahe ist, wobei diese Resultate aber keinesfalls überinterpretiert werden sollten. Vielmehr muss als Fazit die gewählte Methode als nicht geeignet betrachtet werden. Aus diesem Grund wird in dieser Versuchsreihe darauf verzichtet, weitere Erhebungen (namentlich die Untersuchung des Kappa-Effekts) mit dieser Altersgruppe durchzuführen.

Die Daten der 9-jährigen Kinder geben hingegen ein Bild ab, das jenem erwachsener Probanden sehr ähnelt. Im Gegensatz zu den 6-jährigen Kindern waren hier keine

offenkundigen Probleme mit der Handhabung der Computermouse zu erkennen. Auch gaben alle ausser drei Kinder an, dass zu Hause (mindestens) ein Computer vorhanden sei, zu dem sie Zugang hätten. Die Daten sind also nicht wie in der Stichprobe der 6-jährigen Kinder als Resultat methodischer Artefakte zu werten, sondern geben veritable Auskunft über den Kappa-Effekt bei 9-jährigen Probanden. Das Problem der nicht interpretierbaren Kombinationen 1 bis 3 wurde bereits in anderen Kontexten besprochen und soll, da es sich hier in der hinlänglich bekannten Form wiederholt, nicht nochmals analysiert werden. Das Augenmerk soll hingegen auf die interpretierbaren Kombinationen von Bedingung 4 im Vergleich zu den Erwachsenen gelegt werden.

Wie Tabelle 10 zu entnehmen ist, zeigen die Erwachsenen in der akustisch unterstützten Bedingung mit Bewegungsinduzierung bezüglich dem Vorhandensein eines Effekts keine eindeutigen Resultate (obwohl bezüglich statistischer Kennwerte oder graphischer Muster zumindest Elemente eines Effekts zu verzeichnen sind). 9-jährige Kinder sind hingegen sozusagen nicht effektenfällig, wie vor allem Tabelle 20 zum Ausdruck bringt. Auf der Suche nach einem möglichen Grund soll folgendes Gedankenexperiment gewagt werden.

Untersucht wird in der vorliegenden Arbeit, trotz zusätzlicher Darbietung eines Tones, im Wesentlichen ein visuelles Phänomen. Gemäss Adelson und Bergen (1991) hat das Sehen (engl. *vision*) zwei Hauptaufgaben. In einer frühen Phase findet die Analyse der Merkmale (engl. *features*, von den genannten Autoren *substances* genannt) einer beobachteten Szene statt. Hierbei deuten verschiedenste Befunde im Rahmen des Paradigmas der Visuellen Suche darauf hin, dass dieser erste Merkmalsanalyseprozess parallel abläuft (Cave & Wolfe, 1990; Müller, Heller, Ziegler, 1995; Found & Müller, 1996; Treisman & Gelade, 1980; Treisman, 1988; Wolfe, 1994). Die Annahme einer solchen Analyse geht gar auf Neisser (1966) zurück, der im Rahmen der Buchstabenerkennung festhält, dass

The fundamental assumption was that the cognitive system used in searching is hierarchically organized. At its first level are "analyzers" which test the input for the presence of various specific features. The details of these features are not known: they might be [...] properties like roundness, angularity, or the occurrence of parallel lines. (p. 71)

Tatsächlich war bereits zu dieser Zeit vieles über diese vermeintlichen Details bekannt, vor allem Dank den bahnbrechenden Arbeiten von Hubel und Wiesel (1959, 1961). Anhand von Einzelzellableitung bei Katzen und bei nicht-menschlichen Primaten konnten die zwei Nobelpreisträger zeigen, dass Zellen in der Grauen Substanz des Striären Kortex rezeptive Felder für Orientierung, Bewegung und Grösse besitzen. Stereoskopische Tiefe

(Parks & Corballis, 2006) und Farbe (Wolfe, 1994) zählen ebenso zu diesen basalen Merkmalen; ob End- und Kreuzpunkte ebenfalls Teil dieser Liste sein müssten, ist hingegen umstritten (vgl. Julesz & Bergen, 1983; Julesz, 1984; Nothdurft, 1991; Taylor & Badcock, 1988; Treisman & Gormican, 1988).

Hierbei wird angenommen, dass diese parallele Verarbeitung präattentiv, also ohne explizite Aufmerksamkeitsleistung und somit quasi auf retinaler Ebene, geschieht. Dies im Gegensatz zur zweiten Hauptaufgabe der visuellen Wahrnehmung nach Adelson und Bergen (1991), dem kognitiven Prozess der Identifikation (was nicht zwangsläufig mit Objekterkennung gleichzusetzen ist, wie das hier diskutierte Beispiel zeigt). Die parallel verarbeiteten Signale müssen nun zu einer einheitlichen Information konvergieren. Der Bottom-up Prozess der einfachen Merkmalswahrnehmung wird, beispielsweise im Falle der hier diskutierten Studie, durch gegebene Informationen ergänzt. Mit dem Ziel den räumlichen Abstand zu beurteilen, wird, falls dem Kappa-Effekt tatsächlich Bewegung zugrunde liegen sollte, nicht nur der wahrgenommenen Abstand sondern (aufgrund der Instruktion) auch die gleich bleibende oder wechselnde Farbe, im Sinne eines Indizes für die vermeintliche Anzahl Stimuli, Teil der Urteilsbildung – und per Definition nicht zuletzt eben auch das zeitliche Intervall. Das Weiterführen dieses Gedankens führt zu einem Konflikt mit mindestens zwei Denkweisen der Entwicklungspsychologie:

Auf der einen Seite besagte die so genannte Separabilitäts-Hypothese von Shepp (1978), dass Kinder nicht fähig sind einzelne Merkmale wahrzunehmen. Inspiriert durch die in Leipzig von Krueger (1926) und Sander (1932) gegründete Ganzheitspsychologie geht die Theorie davon aus, dass

[...] dimensions perceived by the older child and the adult as separable are perceived by the younger child as integral, and it is through perceptual learning that dimensional structure is extracted from the stimulus. (p. 71)

Mit anderen Worten können Kinder (zur Vereinfachung wird im Laufe dieses Gedankenexperiments auf genaue Altersangaben verzichtet) multidimensionale Stimuli nur als Ganzheiten erfassen, da sie Wahrgenommenes nicht in ihre Einzelheiten unterteilen können (für eine ähnliche Sichtweise siehe Garner, 1974). Diese Sichtweise steht im Widerspruch mit Piaget (1952, 1977; Stichwort Konservierungsaufgaben) oder mit Siegler (1976; Stichwort *rule-assessment-methodology*), die postulieren, dass Kinder nur auf eine einzelne Dimension fokussieren können. Statt also alle Dimensionen sozusagen gleichzeitig in ungeordneter Weise wahrzunehmen, fokussieren sie auf nur Eine und vernachlässigen die Restlichen.

Stellt sich nun die Frage, welche Resultate Kinder im Gegensatz zu Erwachsenen liefern müssten. Würde Shepp mit seiner Hypothese richtig liegen, müssten sich deutliche Tau-Effekte manifestieren. Die Kinder würden die räumliche und zeitliche Komponente der Darbietung ungefiltert wahrnehmen, so dass eine Interferenz von Raum und Zeit entstehen würde. Hätte hingegen Piaget Recht, müsste kein Effekt auftreten, da die Kinder allemal nur auf die salient gemachte Rauminformation achten könnten und die Zeitdimension vollkommen ausser Acht lassen würden.

Nun konnte in einer Vielzahl Studien mithilfe des Funktionalen Messens (für einen Überblick siehe Wilkening, 2007) sowohl die Zentrierungshypothese von Piaget (Wilkening, 1979), als auch die Separabilitäts-Hypothese von Shepp (Wilkening & Lange, 1989) und die Güte von Siglers Methode (Wilkening & Anderson, 1982) widerlegt werden. Auch zeigen die eigenen Daten, dass die Resultate jüngerer Probanden nicht so einfach voraussehbar sind wie es die Theorien von Shepp, Piaget oder Siegler vermuten lassen.

#### **4.4. Fazit der Vorversuche**

In methodischer Hinsicht sind vor allem zwei Punkte grundsätzlich zu überarbeiten; die zwei Startpunkte der Darbietung und die Instruktion. Und da die Mittelwerte zum Teil wenig aussagekräftig waren, soll im Rahmen der kommenden Experimente an ausgewählten Stellen auch näher auf die Einzelanalysen eingegangen werden.

Da das obere linke Gesichtsfeld eine gesonderte Rolle in der Wahrnehmung einnimmt (siehe Einführung zu Kapitel 4), sollte dieses als Darbietungsbeginn vermieden werden. Wie die Resultate der Vorversuche aber gezeigt haben, entstanden hierdurch andere Probleme, namentlich in Zusammenhang mit der mentalen Rotation. Weil aber auf keine ‚Bewegungsrichtung‘ verzichtet werden sollte, soll die obere linke Ecke fortan doch als einer der zwei Darbietungspunkte verwendet werden. Die sechs neuen Kombinationen sind in Tabelle 22 ersichtlich. Die digitale Antwortskala soll demzufolge unverändert bleiben und ihren Nullpunkt weiterhin nur auf der linken Seite haben (Abbildung 12).

Die Instruktion erwies sich zudem als schwer verständlich. Dies ist nicht unbedingt in den Daten ersichtlich, ging aber deutlich aus den Reaktionen der Versuchspersonen hervor. Insbesondere im Rahmen der Zeiturteile war die Aufgabe wenig fassbar, so dass sich die Probanden keine Vorstellung des Erfragten machen konnten. Auch schien die Unterscheidung zwischen statischen und bewegten Stimuli nur aufgrund der Farb- und Tonwahl als zu wenig differenzierend. Aus diesen Gründen sollen neue Instruktionen geschaffen werden, die den Reizen einen lebendigeren und besser verständlichen Kontext

verleihen.

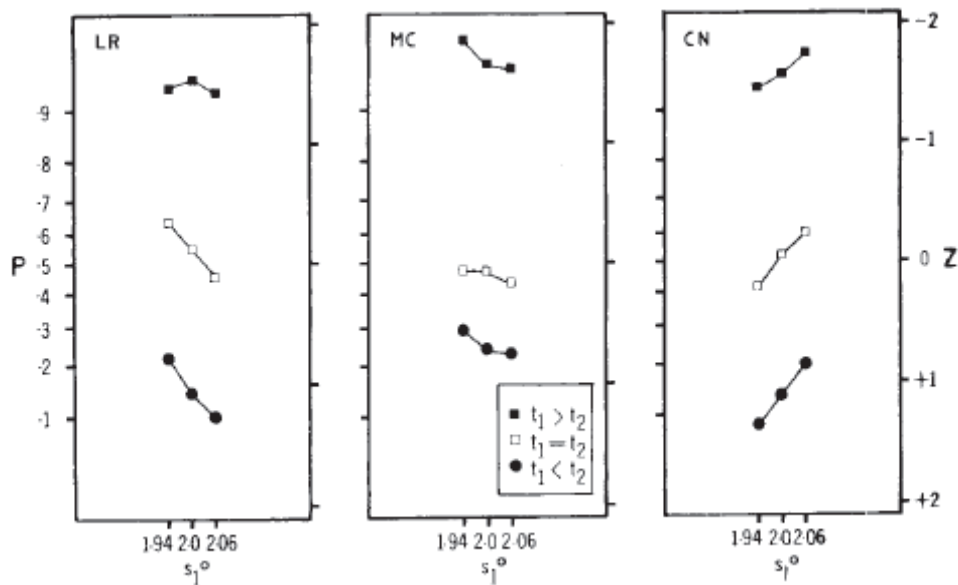


Abbildung 34. Resultate aus Experiment 1 zum visuellen Kappa-Effekt von Collyer (1977, S. 360).

Der dritte und letzte Punkt betrifft die Datenauswertung und deren Interpretation. Neben den Gruppenanalysen können anhand des Funktionalen Messens auch Einzelanalysen berechnet werden. Die einzige Voraussetzung, namentlich mindestens eine Messwiederholung, ist im Falle der hier vorgestellten Experimente gegeben. Welchen Unterschied Gruppenanalysen von Einzelanalysen in sich bergen, soll an dieser Stelle anhand einer Studie von Collyer (1977, Experiment 1) aufgezeigt werden:

Im Rahmen eines Tau- und eines Kappa-Experiments hat Collyer (1977) drei Versuchspersonen mehrmals untersucht. Hierbei wurden jeweils drei Lichtreize dargeboten, die in einem ansonsten dunklen Raum sukzessive aufblitzten. Wie immer wurden die räumlichen Abstände und die zeitlichen Intervalle variiert und die Probanden hatten nach jedem Trial (je nach Bedingung) anzugeben, ob der zweite räumliche Abstand beziehungsweise das zweite zeitliche Intervall grösser oder kleiner als das Erste war. Pro Erhebung wurden vier Blöcke an je 100 Trials dargeboten. Eine Versuchsperson durchlief sieben solche Erhebungen, eine weitere Versuchsperson zehn und die dritte Versuchsperson 13 Erhebungen. Bei allen Versuchspersonen wurde in der einen Hälfte der Trials ein Raumurteil (Tau-Effekt) und in der anderen Hälfte der Trials ein Zeiturteil (Kappa-Effekt) erfragt. Exemplarisch sollen hier aber nur die Zeiturteile herangezogen werden, um das Problem der Gruppen- und Einzelanalysen darzustellen.

Wie Abbildung 34 zeigt, antwortet nur eine Versuchsperson gemäss Kappa-Effekt (siehe rechte Graphik); die restlichen Vektorenmuster laufen gar in die gegenteilige Richtung. Da Collyer (1977, S. 360, Tabelle 3) in seinem Artikel auch die Summe der einzelnen Datenwerte wiedergibt, ist es möglich eine zumindest grobe graphische Annäherung der Gruppenresultate zu machen.<sup>17</sup> Aus der entsprechenden Abbildung 35 ist ersichtlich, dass der deutliche Kappa-Effekt der einen Versuchsperson bereits aufgrund der Resultate von nur zwei weiteren Versuchspersonen komplett verschwindet; die Vektoren sind nun überlappend aufsteigend.

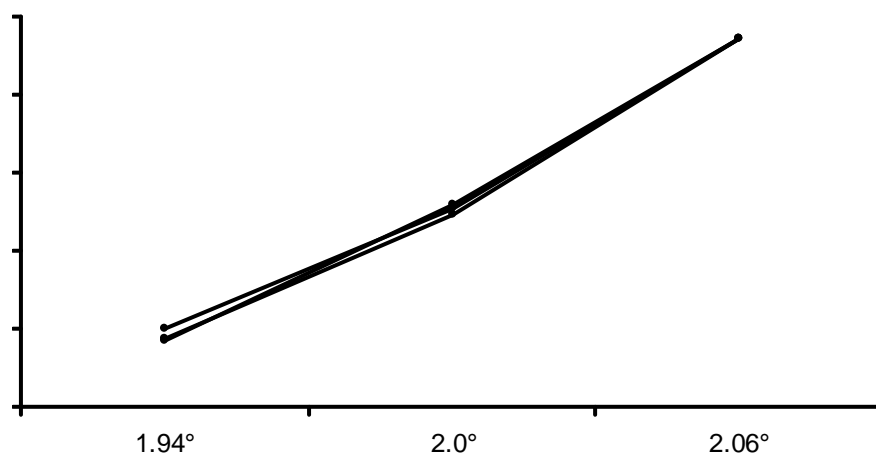


Abbildung 35. Gemittelte Zeiturteile der drei Versuchspersonen in Experiment 1 von Collyer (1977); siehe auch Fussnote 17.

Auch wenn es sich hierbei nur um eine Annäherung der Gruppenresultate handelt, zeigt dieses Beispiel deutlich den Informationsverlust auf, der bei einer Vernachlässigung der Einzelanalysen entstehen kann. Aus diesem Grund werden bei den nun folgenden Experimenten an ausgewählten Stellen auch Informationen bezüglich Einzeldaten geliefert. Aufgrund der Fülle an Versuchspersonen werden aber entsprechende statistische Kennwerte und Graphiken nur dann wiedergegeben, wenn ein bedeutender Informationsgewinn daraus gezogen werden kann. Experiment 1.4. widmet sich dann ausschliesslich der Einzelanalyse und hat zum Ziel, mittels wiederholter Testung einzelner Probanden im Rahmen verschiedener Bedingungen Lerneffekte zu eruieren und zu

---

<sup>17</sup> Jede Versuchsperson wurde zwar denselben räumlichen Abständen ausgesetzt (siehe Abszisse von Abbildung 34 und Abbildung 35), bekam aber verschiedene zeitliche Intervalle zu sehen. Aufgrund dessen zeigen die Ordinaten in den Abbildungen von Collyer (1977) nur Gauss'sche Transformationen der jeweils dargebotenen Zeiturteile. Auf eine Beschriftung der Ordinate der eigenen Abbildung wird deshalb verzichtet.

quantifizieren.

#### 4.5. Experiment 1.1. (Tau-Effekt):

##### Sechsfache Variation der Bewegungsinduzierung ohne Ansage bei Erwachsenen

Die wesentlichen Veränderungen in Bezug auf die Vorversuche bestanden aus den neuen Startpunkten der Darbietung (Tabelle 22), einer verbesserten Instruktion und der Einführung von zwei weiteren Bedingungen (Tabelle 23). Zusätzlich wird von nun an, wo daraus ein Erkenntnisgewinn entsteht, auch auf die Resultate der Einzelanalysen eingegangen.

##### 4.5.1. Methode

**Versuchspersonen.** Insgesamt nahmen 60 Versuchspersonen an Experiment 1.1. teil, die zufällig in eine von sechs Bedingungen an je zehn Versuchspersonen eingeteilt wurden. Tabelle 21 gibt die Altersangaben und die Geschlechterverteilung pro Bedingung und im Gesamten wieder. Alle Versuchspersonen waren rechtshändig oder waren zumindest gewohnt, die Computermouse mit der rechten Hand zu bedienen. Auch berichteten alle Probanden über gutes Sehvermögen, teilweise erreicht durch ein Hilfsmittel (Brille oder Kontaktlinsen).

Tabelle 21

*Altersangaben und Geschlechterverteilung in Experiment 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, sechsfache Variation der Bewegungsinduzierung ohne Ansage bei Erwachsenen*

Bedingung	Geschlechterverteilung w/m (Gesamt)	Durchschnittsalter der Probanden (yy;mm)	Altersbereich (yy;mm – yy;mm)
1	3/7 (10)	28 ; 03	21 ; 00 – 48 ; 10
2	2/8 (10)	28 ; 08	20 ; 10 – 42 ; 06
3	2/8 (10)	26 ; 05	20 ; 01 – 40 ; 05
4	3/7 (10)	28 ; 08	21 ; 06 – 49 ; 11
5	3/7 (10)	24 ; 04	20 ; 09 – 32 ; 08
6	2/8 (10)	26 ; 02	20 ; 03 – 42 ; 06
Gesamt	15/45 (60)	27 ; 01	20 ; 01 – 40 ; 11

**Versuchsparemeter.** Wie in Kapitel 4.4. bereits festgehalten, wurde nicht mehr die rechte obere, sondern neu die linke obere Bildschirmecke als eine der zwei Ausgangspunkte der Darbietungen genutzt (die linke untere Bildschirmecke blieb indes



erhalten). Die aus dieser Neuerung entstandenen Kombinationen sind in Tabelle 22 zusammengefasst. Ebenso wurde die Instruktion mit einer konkreten Geschichte verbunden und so besser verständlich gemacht.

Tabelle 22

*Bezeichnung der sechs Kombinationen in den Experimenten 1.1. von Versuchsreihe A in Abhängigkeit vom Beginn der Darbietung und deren Ausrichtung*

Kombination	Darbietungsbeginn	Darbietungsausrichtung
1	obere linke Bildschirmecke	horizontal
2		vertikal
3		diagonal
4	untere linke Bildschirmecke	horizontal
5		vertikal
6		diagonal

In *Bedingung 1* hatten beide Stimuli eine unterschiedliche Farbe, was suggerieren sollte, dass es sich um zwei distinkte Punkte handle. Dies wurde ebenfalls durch die Instruktion untermauert: Die Versuchspersonen sollten sich jeweils vorstellen, dass der rote Stimulus (erster Stimulus) den Landeort eines Fallschirmspringlehrers repräsentiere, während der blaue Stimulus (zweiter Stimulus) den Landeort seines Schülers darstelle. Aufgabe des Schülers sei es, jeweils etwas zeitversetzt, am selben Ort wie sein Lehrer zu landen. Der Proband schlüpfte hierbei in die Rolle der Jury und sollte mittels digitaler Skala und Computermouse nach jeder Darbietung angeben wie gut diese Aufgabe bewältigt wurde. Der Nullpunkt der Skala bedeute eine absolut fehlerfreie Darbietung. Dies kam aber faktisch nie vor, da die beiden Stimuli nie am selben Ort erschienen. Umso grösser die Unpräzision jeweils eingeschätzt wurde, desto weiter nach rechts auf der Skala sollte das Urteil ausfallen; logischerweise war mit dieser Unpräzision der räumliche Abstand zwischen den zwei Stimuli gemeint.

Die visuelle Darbietung (also die zwei verschiedenfarbigen Punkte) und die Instruktion von *Bedingung 2* waren dieselben wie in der ersten, eben vorgestellten Bedingung. Zusätzlich waren aber während den beiden Sichtbarkeitsdauern der Stimuli von je 300 Millisekunden zwei verschiedene Sinus-Töne zu hören (siehe Kapitel 3.2. und Abbildung 11). Dies sollte zusammen mit den unterschiedlichen Farben den Eindruck verstärken, dass es sich um zwei distinkte Reize handle.

*Bedingung 3* unterschied sich von den zwei eben vorgestellten Bedingungen hinsichtlich Farbe der Stimuli und hinsichtlich Instruktion. Nun wurde den Probanden suggeriert, dass sich der gleiche Stimulus von der ersten sichtbaren Position zur zweiten Position bewege.

Namentlich wurde den Versuchspersonen gesagt, dass sie jeweils an zwei verschiedenen Stellen auf dem Bildschirm zwei rote Punkte sehen würden. Hierbei handle es sich beispielsweise um ein Auto, das durch einen Tunnel fahre in dem sich zwei Tunnellücken befänden. Die zwei roten Punkte seien jene zwei Augenblicke, in denen das bewegte Objekt für sie als Beobachter sichtbar werden würde. Die Versuchspersonen sollten jeweils die Länge des mittleren ‚Tunnelstücks‘ einschätzen. Zur Veranschaulichung diene Abbildung 36, eine Reproduktion der verwendeten Farabbildung. Zu unterstreichen ist, dass den Probanden ausdrücklich erklärt wurde, dass es sich beim fahrenden Auto und dem Tunnel um eine Metapher handle. Essentiell sei schlussendlich die Bewegung per se, nicht das sich in Bewegung befindende Objekt.

Die restlichen Bedingungen entsprachen bezüglich der visuellen Reizdarbietung und der Instruktion der eben vorgestellten Bedingung 3. Wie in Bedingung 2 wurden die Darbietungen aber zusätzlich akustisch unterlegt. Der Logik folgend, dass es sich bei den zwei Punkten um denselben Stimulus handle (bildlich gesprochen dasselbe Auto, das sich durch einen Tunnel bewege), war der Ton nun durchgehend hörbar. Statt also wie in Bedingung 2 zwei verschiedene punktuelle Töne mit einer Dauer von je 300 Millisekunden zu hören, setzte der Sinus-Ton jetzt mit dem Erscheinen des ersten Stimulus ein und verstummte erst mit dem Verschwinden des zweiten Stimulus (siehe Kapitel 3.2. und Abbildung 11).

In *Bedingung 4* behielt dieser Ton seine Höhe bei, in *Bedingung 5* stieg die Höhe des Tones kontinuierlich an (was Geschwindigkeitszunahme suggerieren sollte) und in *Bedingung 6* nahm die Tonhöhe fortlaufend ab (was wiederum Geschwindigkeitsabnahme suggerieren sollte). Auf die Hintergründe dieser zwei neuen Bedingungen soll nun tiefer eingegangen werden.

Piaget (1952, 1977) postulierte im Gegensatz zu Gibson (1969), dass Neugeborene noch nicht die Fähigkeit besitzen Reize verschiedener Modalitäten zu integrieren. Heute geht man davon aus, dass bei raumzeitlicher Kongruenz zwischen auditivem und visuellem Signal Säuglinge von 6 Monaten diese intermodalen Informationen korrekt verknüpfen können (Lawson, 1980). Andere Befunde zeigen sogar, dass nur zeitliche statt raumzeitliche Kongruenz gegeben sein muss, damit bereits viermonatige Säuglinge intermodal wahrnehmen können (Humphrey, Tees & Werker, 1979). Und neuere Befunde sprechen diese Fähigkeit, unter gewissen Umständen, schon zweimonatigen Säuglingen (Morrongiello, Fenwick & Nutley, 1998) oder gar Neugeborenen zu (Morrongiello, Fenwick & Chance, 1998).

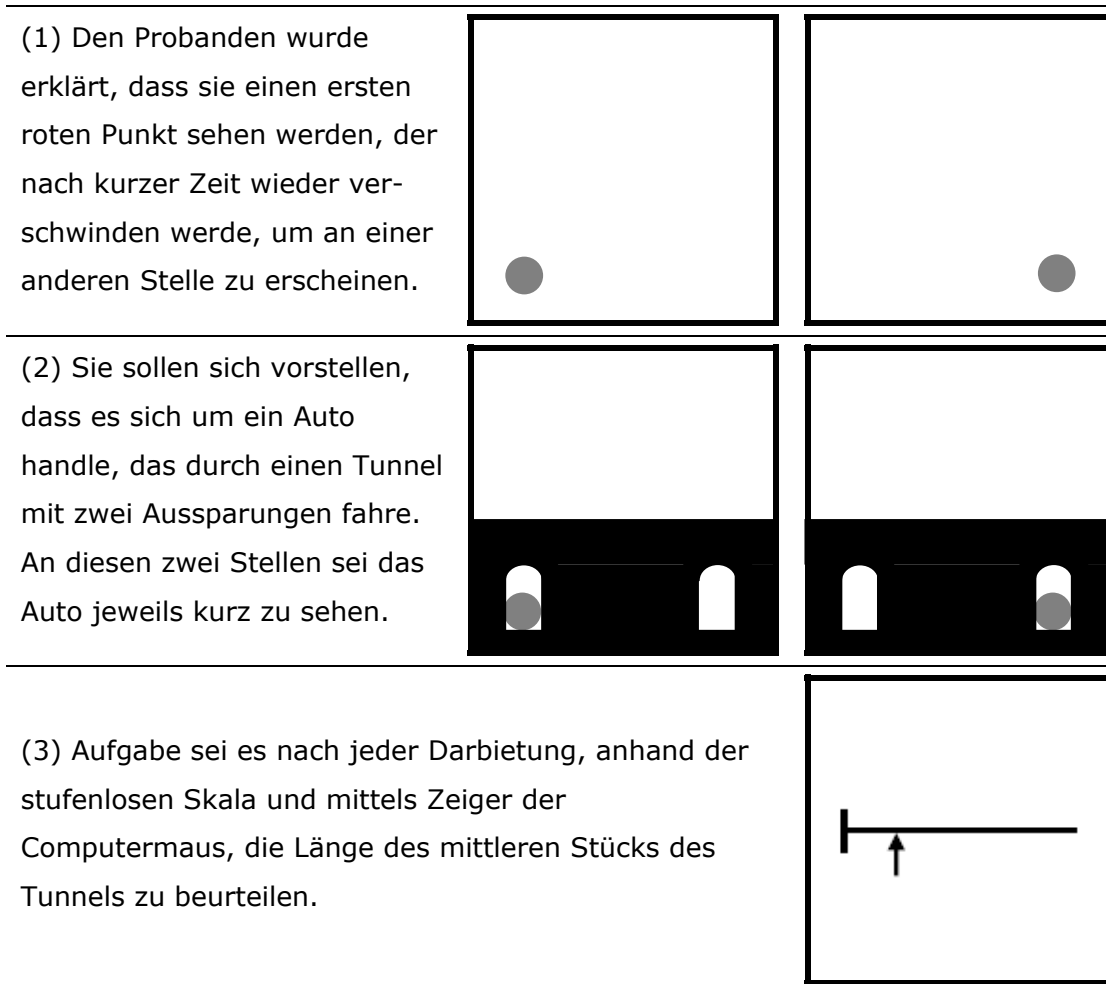


Abbildung 36. Reproduktion der Farbbilder, die in der Instruktion zu den Bedingungen 3 bis 6 von Experiment 1.1. verwendet wurden.

Wie ausgefeilt diese audiovisuelle, intermodale Wahrnehmung bereits im fünften Lebensmonat sein kann, zeigten beispielsweise Walker-Andrews und Lennon (1985, Experiment 2). Sie boten ihren Versuchspersonen zwei Videofilme nebeneinander dar, die zeitgleich jeweils ein sich entfernendes und ein herannahendes Auto zeigten. Dazu spielten sie das Geräusch ab, das zu einem der zwei Filme passte. Im ersten Fall nahm die Lautstärke des dargebotenen Tones kontinuierlich von 75 auf 55 Dezibel ab, im zweiten Fall nahm der Ton in entgegengesetzter Richtung kontinuierlich zu (gemäß Autoren entsprechen 75 Dezibel einer Distanz von etwa 1.5 Metern, 55 Dezibel etwa dem Zehnfachen). Hierbei zeigte sich, dass die kleinen Probanden jenen Film vorziehen und somit länger anschauen, zu dem die gleichzeitig dargebotene akustische Kulisse

raumzeitlich passt. Zum selben Schluss kommt Spelke (1984), die viermonatigen Säuglingen Filme einer herannahenden respektiv sich entfernenden Person darbot. Diese visuellen Stimuli konnten in ihren Versuchen durch eine kontinuierlich lauter oder leiser werdende Stimme begleitet sein.

Die Lautstärke gibt aber nicht nur Auskunft über die Nähe des dazugehörenden Objektes vom Beobachter, sondern auch über andere Attribute. Houben, Kohlrausch und Hermes (2004) konnten beispielsweise aufzeigen, dass Erwachsene aufgrund des Rollgeräusches eines Holzballes auf einem Holzbrett seine Grösse (Experiment 1) und seine Geschwindigkeit (Experiment 2) diskriminieren können. Die Präzision der Geschwindigkeitseinschätzung nimmt bei multimodalen Informationen gar zu (Alais & Burr, 2004; Wuerger, Hofbauer & Meyer, 2003). Und obwohl die visuelle Information in diesem Zusammenhang stärker zu sein scheint als das auditive Signal (López-Moliner & Soto-Faraco, 2007) konnte anhand ereigniskorrelierter Potentiale aufgezeigt werden, dass wir sehr sensitiv für akustisch übermittelte Geschwindigkeitsvariationen sind (Jongsma, Meeuwissen, Vos & Maes, 2007).

Die beschriebene Fähigkeit, bereits ab einem sehr jungen Alter einem akustischen Signal Informationen bezüglich der Geschwindigkeit des dazugehörenden Objektes zu entnehmen, soll in Bedingung 4, Bedingung 5 und Bedingung 6 genutzt werden. Wie Tabelle 23 zeigt, wurde der langgezogene Ton, der eine Darbietung mit Bewegungsinduzierung begleitete, dreifach variiert. In Bedingung 4 blieb der Ton während der ganzen Darbietung konstant bei 220 Hertz. In Bedingung 5 stieg er von 220 Hertz, in Abhängigkeit von der Darbietungsdauer beider Stimuli, kontinuierlich an. Und in Bedingung 6 fiel er, ebenfalls in Abhängigkeit der Gesamtdarbietungsdauer, von 440 Hertz kontinuierlich ab.

Tabelle 23

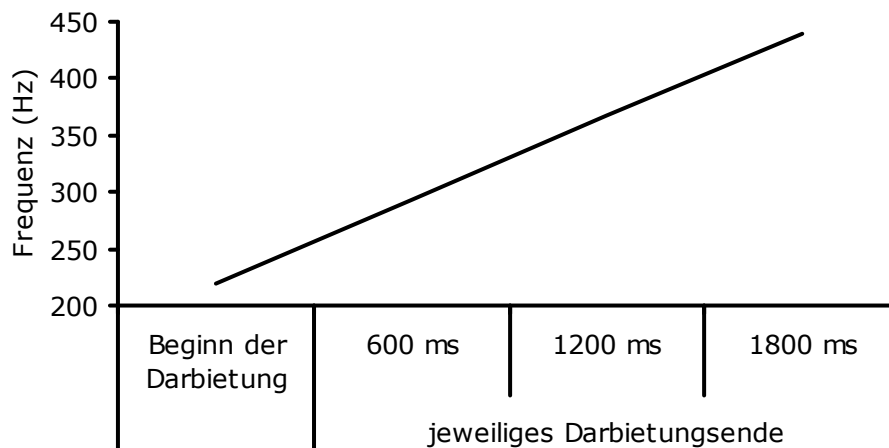
*Schematische Darstellung der sechs Bedingungen (zwei mit und vier ohne Bewegungsinduzierung) in den Experimenten 1.1. von Versuchsreihe A*

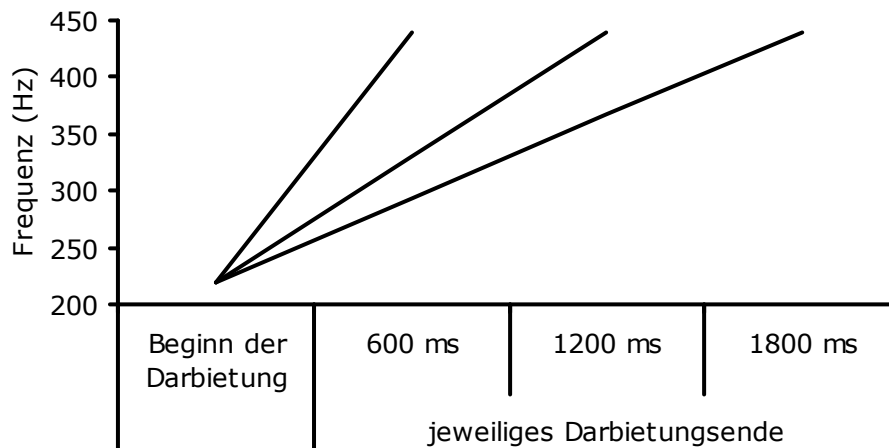
Bedingung	visuelle Charakteristika	akustische Charakteristika	Geschwindigkeit
1	verschiedene Farben	kein Ton	keine Bewegung
2		verschiedene Töne	keine Bewegung
3	gleiche Farbe	kein Ton	gleich bleibend
4		gleich bleibender Ton	gleich bleibend

5	ansteigender Ton	zunehmend
6	abfallender Ton	abnehmend

---

Bezüglich Endfrequenz des dargebotenen Tones ist anzumerken, dass die wahrgenommene Geschwindigkeitsveränderung unabhängig von der Darbietungszeit immer dieselbe blieb. Das heisst, dass die Endfrequenz beim kürzesten zeitlichen Intervall (600 ms) tiefer war als beim längsten zeitlichen Intervall (1800 ms). Die Abbildungen 37 und 38 versuchen diesen Umstand anhand einer Geschwindigkeitszunahme (ergo anhand eines Frequenzanstieges) schematisch aufzuzeigen. Da bei unterschiedlichen Endfrequenzen die Steigung gleich bleibt, zeigt die obere Graphik nur eine einzige Frequenzkurve. In diesem Sinne nimmt die Frequenz also gemeinsam mit der Darbietungszeit zu. Die untere Graphik zeigt hingegen drei verschiedene Frequenzkurven mit verschiedenen Steigungsgraden, die aber alle bei derselben Endfrequenz gipfeln. In Abhängigkeit von der Darbietungszeit muss also auch der Frequenzanstieg entsprechend höher (bei kurzen Darbietungszeiten) beziehungsweise niedriger (bei langen Darbietungszeiten) sein. Mit anderen Worten hat die Tonfrequenz in diesem Falle je nach zeitlichem Intervall weniger oder mehr Zeit um auf das gemeinsame Frequenzmaximum von 440 Hertz anzusteigen.





*Abbildung 37/38.* Verschiedene Formen des Frequenzverlaufs in Abhängigkeit von der Darbietungszeit. Die obere Graphik illustriert den Verlauf, der in der vorliegenden Arbeit verwendet wird.

Im Rahmen des Tau-Effekts ist anzunehmen, dass zunehmende Geschwindigkeit, also der aufsteigende Ton von Bedingung 5, die Raumurteile im Vergleich zu Bedingung 4 verlängert, weil bei gleich bleibender Zeitdauer die zurückgelegte Distanz Funktion der Geschwindigkeit ist. In Bedingung 6, also bei abfallendem Ton als Signal abnehmender Geschwindigkeit, müsste sich das Raumurteil im Vergleich zu Bedingung 4 hingegen verkürzen, weil das vermeintlich bewegte Objekt bei unveränderter Zeitdauer weniger Distanz zurücklegen kann.

**Versuchsablauf.** Nachdem die entsprechende Instruktion geliefert wurde, konnte mittels 20 Probetrials sichergestellt werden, dass die Versuchspersonen alles verstanden hatten. Die Probetrials wurden zudem genutzt, um die Probanden mit der ganzen Versuchsumgebung und Versuchsanordnung vertraut zu machen. Während den ersten 18 Trials, also dem ersten Block, blieb der Versuchsleitende noch im Raum und stellte sicher, dass alles funktionierte (für einen detaillierten Versuchsablauf siehe Kapitel 3.4.) Während den restlichen 25 bis 35 Minuten arbeitete die Versuchsperson alleine, wobei sie aber gefilmt wurde.

#### 4.5.2. Resultate

Die Tabellen 29 bis 34 geben die statistischen Kennwerte der sechs Kombinationen von Experiment 1.1. wieder. Zu beachten ist, dass die Tabellen nun nach Kombination sortiert sind, während jene der Vorversuche noch nach Bedingung geordnet waren. Die Daten der 60 Versuchspersonen von Experiment 1.1. sollen aus vier verschiedenen Perspektiven ausgewertet werden:

- (a) Gruppenanalysen: Wie im Rahmen der Vorversuche sollen die statistischen Kennwerte und die Vektorenmuster jeder Bedingung gruppenweise analysiert werden.
- (b) Einzelanalysen: Neu sollen auch die Resultate der einzelnen Versuchspersonen analysiert werden; dies wird aber ausschliesslich anhand der Vektorenmuster gemacht.
- (c) Bedingungsvergleich: Um zu überprüfen, ob gewisse Bedingungen im Mittel zu höheren oder tieferen Urteilen geführt haben als andere, wird exemplarisch Kombination 5 aller Bedingungen näher analysiert.
- (d) Kombinationsvergleich: Um zu überprüfen, ob gewisse Kombinationen im Mittel zu höheren oder tieferen Urteilen geführt haben als andere, werden exemplarisch alle Kombinationen von Bedingung 6 näher analysiert.

**Gruppenanalysen.** Die Resultate der Gruppenanalysen sind schnell zusammengefasst: In keiner Bedingung trat, weder hinsichtlich statistischer Kennwerte noch hinsichtlich Vektorenmuster, ein Tau-Effekt auf. Exemplarisch zeigt Abbildung 39 ein Antwortmuster, das für Versuch 1.1. typisch ist (hier das Resultat von Bedingung 1/Kombination 6): Die Vektoren der drei zeitlichen Intervalle sind zwar linear aufsteigend, überlappen sich aber. Wie allen Graphen von Experiment 1.1. wiederum zu entnehmen ist, bleibt die Unregelmässigkeit im mittleren Bereich des Vektorenusters, die in den Vorversuchen noch gehäuft vorkam, nun vollends aus. Die Versuchspersonen übernahmen also den linearen Anstieg der räumlichen Distanz zwischen den zwei Stimuli in ihren Urteilen.

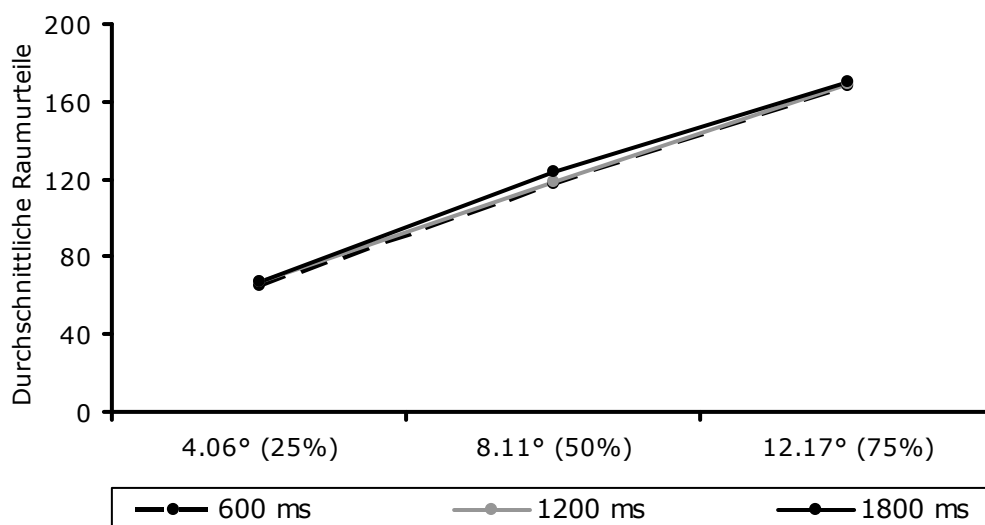


Abbildung 39. Resultat von Experiment 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Bedingung 1 (ohne Bewegungsinduzierung: zwei Farben, kein Ton), Beginn

oben links/diagonale Ausrichtung (Kombination 6).

**Einzelanalyse.** Die Augenscheinanalyse aller Graphen der 60 Versuchspersonen (jeder Versuchsperson wurden sechs Kombinationen dargeboten, was insgesamt 360 Graphen ergibt) zeigt bei keiner Bedingung und keiner Kombination Vektorenmuster, die auf einen Tau-Effekt schliessen lassen. Trotzdem fällt aber eine interessante Regelmässigkeit auf, die etwas näher analysiert werden soll. Bei vielen Versuchspersonen treten Muster auf, die zumindest auf einen *partiellen Effekt* hindeuten. Namentlich zeichnen die Vektoren des kleinsten Zeitintervalls (600 ms/schwarzweisse Linie) und des mittleren Zeitintervalls (1200 ms/graue Linie) eine Anordnung, die unter Vernachlässigung des grössten Zeitintervalls (1800 ms/schwarze Linie) einem Tau-Effekt ähnelt.

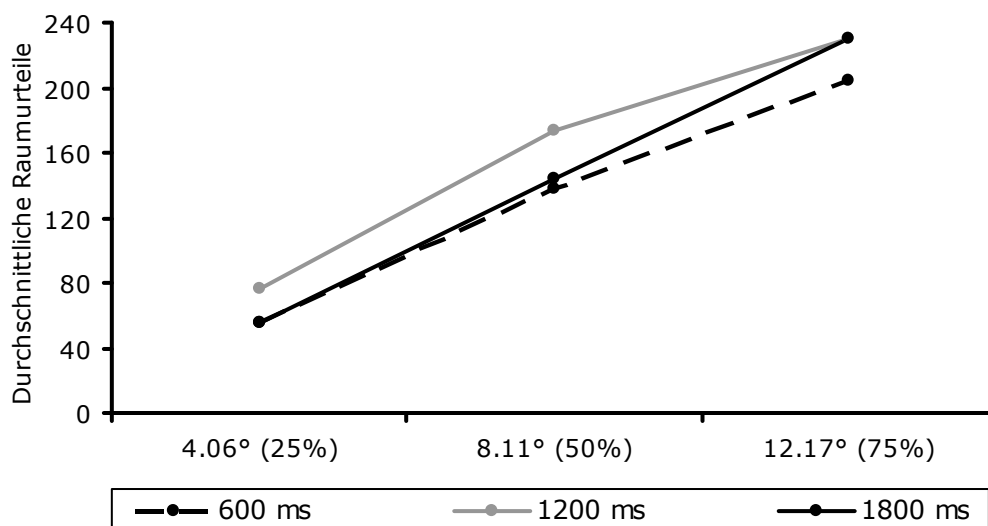


Abbildung 40. Einzelanalyse in Experiment 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Bedingung 1 (ohne Bewegungsinduzierung: zwei Farben, kein Ton), Beginn oben links/diagonale Ausrichtung (Kombination 3).



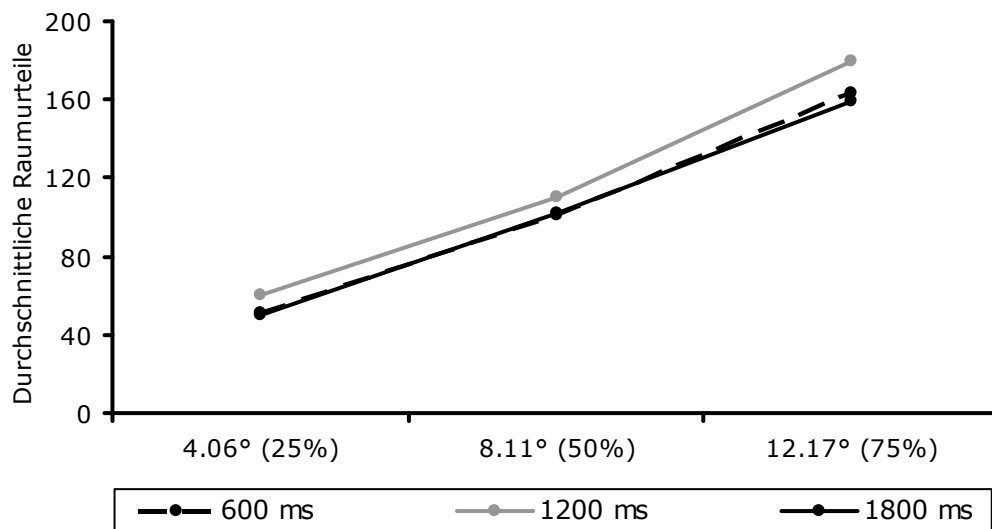


Abbildung 41. Einzelanalyse in Experiment 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Bedingung 6 (mit Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, aufsteigender Ton), Beginn unten links/diagonale Ausrichtung (Kombination 6).

Der Vektor des grössten zeitlichen Intervalls durchbricht diese Regelmässigkeit wiederum auf unsystematische Weise; Abbildung 40 und Abbildung 41 geben exemplarisch die zwei häufigsten Formen des partiellen Effekts wieder. Tabelle 24 listet zudem die Zahl absoluter und relativer partieller Effekte auf; immerhin kommt dieser Teileffekt praktisch in einem Viertel der Fälle vor (namentlich in 81 von insgesamt 360 Fällen, sprich bei 23%). Auffallend ist zudem, dass vor allem Bedingungen 1 bis 3 davon betroffen sind; also die Bedingungen ohne Induzierung von Bewegung und die Bedingung mit tonloser Induzierung von Bewegung. In den Bedingungen, in denen die Bewegungsinduzierung anhand eines Tones untermauert wurde (egal ob dieser gleich blieb, aufsteigend oder abfallend war) konnte nur etwa halb so oft ein partieller Effekt eruiert werden. Des Weiteren ist anzumerken, dass keine andere Form von partiellem Effekt auftritt. Denkbar wäre beispielsweise, dass das kleinste und das grösste Zeitintervall (600 und 1800 ms) oder das mittlere und das grösste Zeitintervall (1200 und 1800 ms) eine effektkonforme Symbiose gebildet hätten, aus dem das jeweils dritte Zeitintervall (1200 respektiv 600 ms) ausgeschlossen gewesen wäre. Trotz der Auffälligkeit des kommentierten Befundes bleibt aber dieser partielle Tau-Effekt eine Nebenerscheinung der Resultate von Experiment 1.1. und wird daher nicht statistisch ausgewertet.

Tabelle 24

Anzahl partieller Tau-Effekte in den sechs Bedingungen und in den sechs Kombinationen von Experiment 1.1. (Versuchsreihe A)

Bedingung	Kombination						Total pro Bedingung
	1 horizontal, links oben	2 vertikal, links oben	3 diagonal, links oben	4 horizontal, links unten	5 vertikal, links unten	6 diagonal, links unten	
1	2	3	3	4	2	4	18 (30%)
2	2	2	4	3	3	3	17 (28%)
3	3	0	3	5	3	3	17 (28%)
4	3	1	0	4	0	1	9 (15%)
5	1	2	2	2	3	0	10 (17%)
6	3	1	0	2	1	3	10 (17%)
Total pro Kombination	14 (23%)	9 (15%)	12 (20%)	20 (33%)	12 (20%)	14 (23%)	81 (23%)

**Bedingungsvergleich.** Wie einleitend festgehalten, erfasste die digitale Antwortskala Urteile zwischen 0 und 250 Einheiten (Minimum am linken und Maximum am rechten Ende der Skala), wobei jeder Trial zwei Mal dargeboten wurde. Für alle sechs Bedingungen von Experiment 1.1. werden nun die gemittelten Antworten exemplarisch anhand von Kombination 5 (vertikal ausgerichtete Darbietung mit Startpunkt in der linken unteren Bildschirmcke) dargestellt. Aus Gründen der Einfachheit beschränkt sich diese Analyse auf das grösste zeitliche Intervall von 1800 Millisekunden, das jeweils in Verbindung mit allen drei räumlichen Abständen (4.06°, 8.11° und 12.17°) dargeboten wurde. Frage dieser Analyse ist, ob diese drei raumzeitlichen Kombinationen in bestimmten Bedingungen höhere/tiefere Urteile evoziert haben als in anderen Bedingungen. Um aufschlussreiche Befunde zu erhalten, wurde diese Analyse in mehreren Schritten getätigt:

Die linke Seite von Tabelle 25 gibt für jede Bedingung die gerundeten Mittelwerte der Messwiederholung der drei genannten Trials wieder. Die daraus entstandenen Vektoren sind in Abbildung 42 einsehbar. Einerseits kann festgehalten werden, dass keine Bedingung als Ganzes und kein einzelner Trial einer bestimmten Bedingung aus dem Gesamtmuster ausreißt. Wie aufgrund der Gruppen- und Einzelanalysen zu erwarten war, ergeben sich sechs linear aufsteigende Vektoren, wobei der jeweils kleinste räumliche Abstand logischerweise die kleinsten Raumurteile, während der grösste räumliche Abstand entsprechend die grössten Raumurteile evoziert hat.

Tabelle 25

*Mittelwerte und entsprechender Rangplatz der drei Trials mit dem längsten zeitlichen Intervall bei Kombination 5 (vertikal ausgerichtete Darbietung mit Startpunkt in der unteren linken Bildschirmecke) von Experiment 1.1. (Versuchsreihe A)*

Bedingung	gerundete Mittelwerte der Raumurteile			Bedingung	Rangplatz der Bedingung pro Trial, also spaltenweise		
	4.06°	8.11°	12.17°		4.06°	8.11°	12.17°
	1800 ms	1800 ms	1800 ms		1800 ms	1800 ms	1800 ms
<b>1</b>	58	126	160	<b>1</b>	6	6	6
<b>2</b>	63	130	169	<b>2</b>	4	4	4
<b>3</b>	60	134	168	<b>3</b>	5	3	3
<b>4</b>	68	128	163	<b>4</b>	3	5	5
<b>5</b>	77	138	193	<b>5</b>	1	1	1
<b>6</b>	70	137	190	<b>6</b>	2	2	2

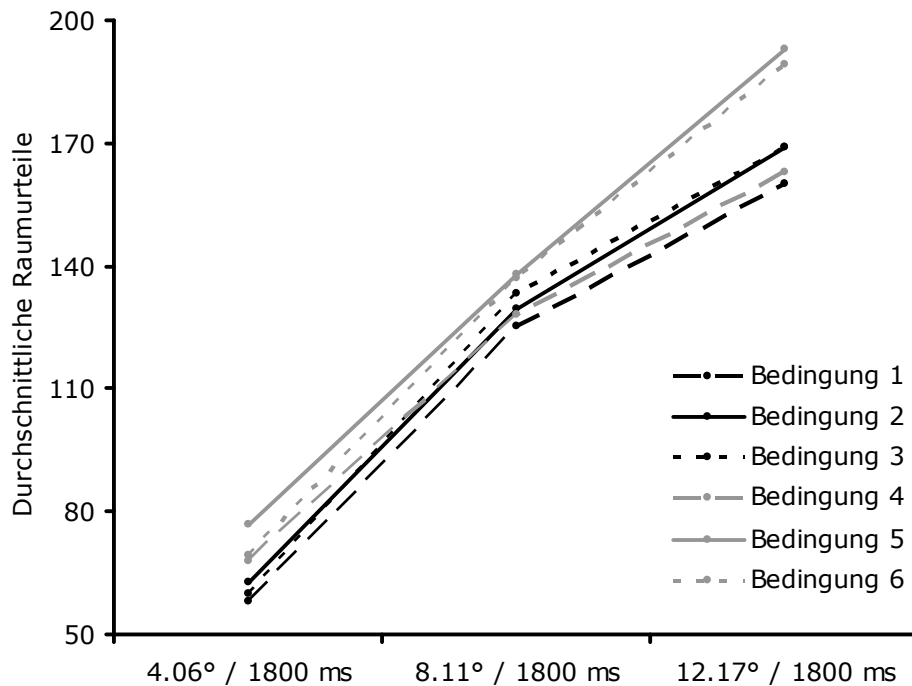


Abbildung 42. Nach den sechs Bedingungen sortierte Mittelwerte der drei räumlichen Abstände (4.06°, 8.11° und 12.17°, jeweils kombiniert mit dem längsten zeitlichen Intervall von 1800 ms) von Kombination 5 (vertikal ausgerichtete Darbietung mit Beginn unten links).

Da trotz graphischer Darstellung der Mittelwerte zu wenig Klarheit geschaffen werden konnte, wurden die einzelnen Werte pro Trial in eine Rangfolge gebracht. Diese Rangfolge ist auf der rechten Seite von Tabelle 25 einsehbar. Spaltenweise (also pro Trial) wird dem höchsten Wert im Bedingungsvergleich Rangplatz 1 vergeben, während dem niedrigsten Wert jeweils Rangplatz 6 zukommt. Als Lesebeispiel diene Bedingung 1. Wie in der genannten Tabelle zu sehen ist, erzielen alle drei Trials der besagten Bedingung den letzten Rang. Dies weil der Trial von Bedingung 1 mit dem kleinsten räumlichen Abstand (4.06°) und dem grössten zeitlichen Intervall (1800 ms) ein mittleres Raumurteil von 58 Einheiten erzielt, während derselbe Trial in den anderen Bedingungen 63, 60, 68, 77 respektiv 70 Einheiten erreicht. Dasselbe gilt für den Trial mit dem mittleren räumlichen Abstand (8.11°) und dem grössten zeitlichen Intervall (1800 ms), der mit 126 Einheiten ebenfalls das kleinste durchschnittliche Raumurteil erzielt (die restlichen Bedingungen erreichen hier Mittelwerte von 130, 134, 128, 138 und 137 Einheiten). Die graphische Darstellung dieser Rangreihe ergibt, mit zwei Ausnahmen, ein klares Muster (Abbildung 43). Bedingung 1, Bedingung 2, Bedingung 5 und Bedingung 6 behalten in allen drei Trials, in denen das Zeitintervall von 1800 Millisekunden involviert ist, denselben Rangplatz (also unabhängig vom räumlichen Abstand). Die jeweils kürzesten Raumurteile evoziert Bedingung 1 (keine Bewegungsinduzierung; zwei Farben, kein Ton), gefolgt von

Bedingung 2 (ebenfalls keine Bewegungsinduzierung; zwei Farben, zwei Töne), von Bedingung 6 (Geschwindigkeitsabnahme induziert durch abfallenden Ton und nur einer Farbe) und schlussendlich von Bedingung 5 (Geschwindigkeitszunahme induziert durch ansteigenden Ton und nur einer Farbe). Diese Rangordnung wird einzig durch Bedingung 3 und Bedingung 4 nicht eingehalten. In beiden Fällen durchkreuzt das Trial mit dem kleinsten räumlichen Abstand ( $4.06^\circ/1800$  ms) die Systematik, die durch die vier eben genannten Bedingungen gegeben wird. Obwohl die beiden Trials von Bedingung 3 und Bedingung 4 mit grösserem räumlichen Abstand ( $8.11^\circ/1800$  ms und  $12.17^\circ/1800$  ms) geordnet verlaufen (Rangplatz 3 respektiv Rangplatz 5), werden diese zwei Bedingungen von weiterführenden statistischen Analysen ausgeschlossen.

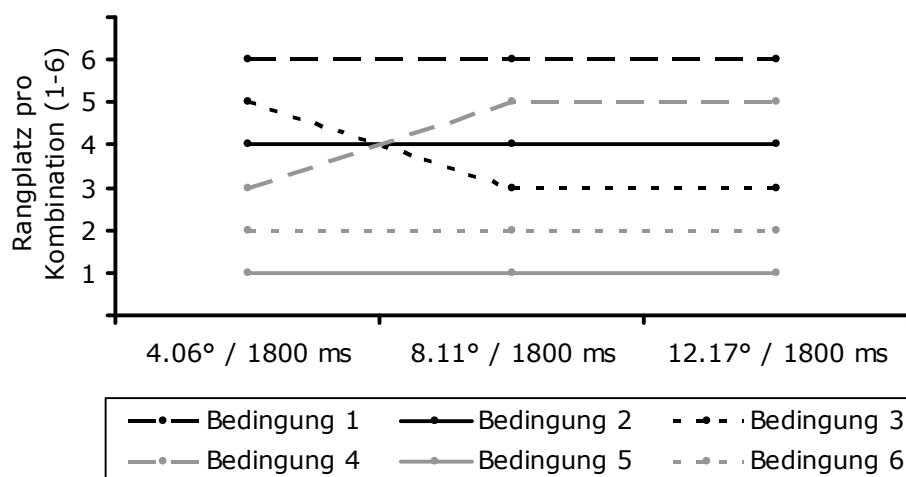


Abbildung 43. Graphische Anordnung der Rangreihe der drei ausgewerteten Trials jeder Bedingungen von Experiment 1.1.

Um zu überprüfen ob sich die einzelnen Werte der vier restlichen Bedingungen unterscheiden, wurde ein *t*-Test gerechnet. Wie Tabelle 26 zu entnehmen ist, zeigen sich die deutlichsten Signifikanzen in den Vergleichen der am stärksten divergierenden Bedingungen. Namentlich sind zwei der drei Trials des Vergleiches von Bedingung 1 (keine Bewegungsinduzierung) und Bedingung 5 (Induzierung zunehmender Geschwindigkeit) und ebenso zwei von drei Trials des Vergleiches von Bedingung 1 und Bedingung 6 (Induzierung abnehmender Geschwindigkeit) signifikant. Auf der anderen Seite zeigt sich zwischen Bedingung 5 und Bedingung 6 kein signifikanter Unterschied. Namentlich spielt es für die Versuchspersonen also keine Rolle, ob sie bei vermeintlich bewegten Darbietungen mit der kongruenten Bedingung 6 oder der nicht kongruenten Bedingung 5 konfrontiert waren. Bedingung 6 wird als kongruent bezeichnet, weil der visuelle Reiz sich von unten nach oben bewegt und zusammen mit dem abfallenden Ton eine Bewegungsverlangsamung induziert; nicht kongruent ist Bedingung 5, weil der nach oben gerichtete visuelle Reiz nicht zum ansteigenden Ton passt, der eine

Geschwindigkeitszunahme induziert. Dieser Punkt soll in der Diskussion wieder aufgegriffen werden.

Tabelle 26

*Signifikanzwerte der t-Tests zum Vergleich von Kombination 5 (vertikal ausgerichtete Darbietung mit Startpunkt in der unteren linken Bildschirmecke) in Bedingung 1, Bedingung 2, Bedingung 5 und Bedingung 6 von Experiment 1.1. (Versuchsreihe A)*

BED		2			5			6		
TRI		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	.407			**			.069		
	2		.519			.166			*	
	3			.569			*			*
2	1				*			.126		
	2					.364			.339	
	3						.134			.193
5	1							.266		
	2								.890	
	3									.710

**Anmerkungen:** Die Abkürzung ‚BED‘ steht für die vier verglichenen Bedingungen 1, 2, 5 und 6. Die Abkürzung ‚TRI‘ steht für das entsprechende Trial, wobei 1 den kleinsten räumlichen Abstand (4.06°), 2 den mittleren räumlichen Abstand (8.11°) und 3 den grössten räumlichen Abstand (12.17°) meint (jeweils kombiniert mit dem grössten zeitlichen Intervall von 1800 ms). Die Übersicht gibt nur die Signifikanzwerte wieder: Zwei Asterisken (\*\*) bedeuten ein Signifikanzniveau von kleiner/gleich .001, nur ein Asteriskus (\*) entspricht wiederum einem Signifikanzniveau von kleiner/gleich .05 (jedes Paar weist 9 Freiheitsgrade auf).

**Kombinationsvergleich.** Innerhalb der sechs Bedingungen wurde ebenfalls überprüft, ob bestimmte Kombinationen zu höheren/niedrigeren absoluten Raumurteilen geführt haben (wir erinnern uns, dass unter Kombination die Ausrichtung der Darbietung und deren Startpunkt gemeint sind). Wie im Rahmen des Bedingungsvergleiches wurde auch hierbei in mehreren Schritten vorgegangen. Exemplarisch soll dieser Vergleich anhand von Bedingung 6 (Induzierung von Geschwindigkeitsabnahme mittels abfallendem Ton) erläutert werden. Die linke Seite von Tabelle 27 gibt die gerundeten Mittelwerte der sechs Kombinationen wieder. Diese Mittelwerte sind in Abbildung 44 graphisch dargestellt. Hierbei fällt auf, dass sich die Vektoren mit zunehmendem räumlichen Abstand

auffächern. Das heisst, dass die einzelnen Kombinationen mit zunehmendem räumlichen Abstand stärker differenzieren.

Tabelle 27

*Mittelwerte und entsprechender Rangplatz der drei Trials mit dem längsten zeitlichen Intervall bei Bedingung 6 (Induzierung von Geschwindigkeitsabnahme mittels abfallendem Ton) von Experiment 1.1. (Versuchsreihe A)*

Kombination	gerundete Mittelwerte der Raumurteile (Abb. 41)			Kombination	Rangplatz der Bedingung pro Trial (Abb. 40)		
	4.06°	8.11°	12.17°		4.06°	8.11°	12.17°
	1800 ms	1800 ms	1800 ms		1800 ms	1800 ms	1800 ms
1	66	125	174	1	6	5	5
2	72	142	194	2	3	1	1
3	72	122	187	3	2	6	3
4	73	129	169	4	1	3	6
5	69	137	189	5	4	2	2
6	68	125	178	6	5	4	4

**Legende:** 1) horizontale Ausrichtung/Startpunkt in der oberen linken Bildschirmecke  
 2) vertikale Ausrichtung/Startpunkt in der oberen linken Bildschirmecke  
 3) diagonale Ausrichtung/Startpunkt in der oberen linken Bildschirmecke  
 4) horizontale Ausrichtung/Startpunkt in der unteren linken Bildschirmecke  
 5) vertikale Ausrichtung/Startpunkt in der unteren linken Bildschirmecke  
 6) diagonale Ausrichtung/Startpunkt in der unteren linken Bildschirmecke

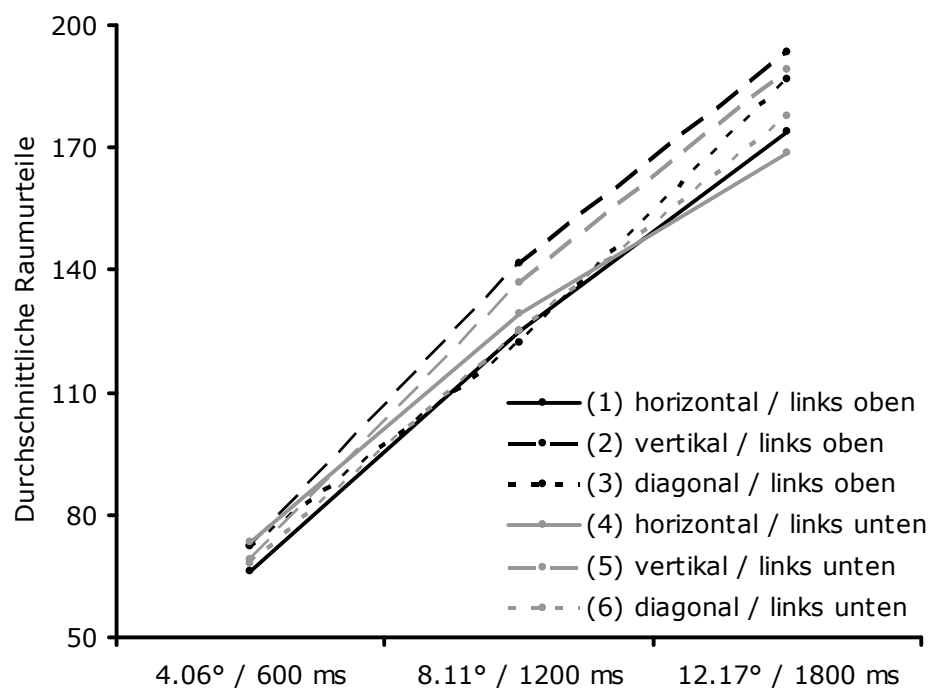


Abbildung 44. Nach Kombination sortierte Mittelwerte der drei räumlichen Abstände ( $4.06^\circ$ ,  $8.11^\circ$  und  $12.17^\circ$ , jeweils kombiniert mit dem längsten zeitlichen Intervall von 1800 ms) von Bedingung 6.

Obwohl Abbildung 44 bereits eine gewisse Hierarchie unter den Kombinationen erahnen lässt, werden auch hier die Mittelwerte auf der rechten Seite von Tabelle 27 in eine Rangreihe gebracht. Wie die entsprechende graphische Darstellung (Abbildung 45) aufzeigt, wird die klare Rangordnung nur durch zwei Kombinationen durchbrochen, namentlich durch die diagonal und horizontal ausgerichteten Trials mit Beginn in der unteren linken Bildschirmecke (also durch Kombination 3 und Kombination 4). Diese werden, wie im Bedingungsvergleich, für die folgenden statistischen Analysen ausgeschlossen.

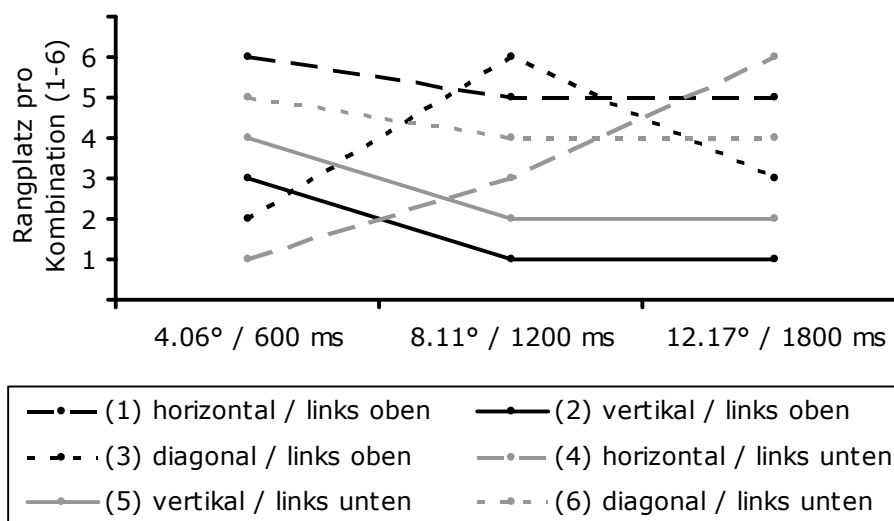


Abbildung 45. Graphische Anordnung der Rangreihe der drei ausgewerteten Trials jeder Kombination von Bedingung 6

Insgesamt ergab der *t*-Test vier signifikante Werte, die allesamt Kombination 2 (vertikal ausgerichtete Darbietung mit Startpunkt in der linken oberen Bildschirmecke) miteinbezogen. Die genannte Kombination evoziert immer die höchsten Raumurteile und vermag es am stärksten zu differenzieren. Namentlich erweist sich der Vergleich von Kombination 2 und Kombination 1 (bei Trial  $8.11^\circ/1800$  ms), von Kombination 2 und Kombination 5 (bei Trial  $12.17^\circ/1800$  ms) und von Kombination 2 und Kombination 6 (bei Trial  $8.11^\circ/1800$  ms und bei Trial  $12.17^\circ/1800$  ms) als signifikant. Diese Befunde werden in der Diskussion wieder aufgenommen.



Tabelle 28

*Signifikanzwerte der t-Tests zum Vergleich von Bedingung 6 (durch absteigenden Ton induzierte Geschwindigkeitsabnahme) in Kombination 1, Kombination 2, Kombination 5 und Kombination 6*

<b>KOM</b>		2			5			6		
	<b>TRI</b>	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	.812			.928			.542		
	2		*			.073			.577	
	3			.071			.989			.592
2	1				.558			.959		
	2					.149			*	
	3						*			*
5	1							.686		
	2								.128	
	3									.707

**Anmerkungen:** Die Abkürzung ‚KOM‘ steht für die Kombination (1, 2, 5 und 6). Die Abkürzung ‚TRI‘ steht wiederum für das entsprechende Trial, wobei 1 den kleinsten räumlichen Abstand (4.06°), 2 den mittleren räumlichen Abstand (8.11°) und 3 den grössten räumlichen Abstand (12.17°) meint (jeweils kombiniert mit dem grössten zeitlichen Intervall von 1800 ms).

Die Übersicht gibt nur die Signifikanzwerte wieder, wobei ein Asteriskus (\*) einem Signifikanzniveau von kleiner/gleich .05 entspricht (jedes Paar weist 9 Freiheitsgrade auf).

Die folgenden sechs Tabellen (Nummer 29 bis Nummer 34) geben alle statistischen Kennwerte der sechs Bedingungen von Experiment 1.1. (Tau-Effekt, Versuchsreihe A) wieder. Zu beachten ist, wie einleitend gesagt, dass diese Tabellen nach den sechs Kombinationen und nicht wie in den Vorversuchen nach den sechs Bedingungen sortiert sind.

Tabelle 29

Resultate von Experiment 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Kombination 1  
(Darbietungsbeginn in der oberen linken Ecke, horizontale Ausrichtung), ohne Ansage

	zwei Farben kein Ton Bedingung 1	zwei Farben zwei verschiedene Töne Bedingung 2	eine Farbe kein Ton Bedingung 3
HE Raum	$F(2, 18) = 294.038, p < .001$	$F(2, 18) = 174.341, p < .001$	$F(2, 18) = 408.471, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 0.726, p = .498$	$F(2, 18) = 0.236, p = .792$	$F(2, 18) = 0.288, p = .753$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.517, p = .723$	$F(4, 36) = 0.407, p = .802$	$F(4, 36) = 0.050, p = .995$
Pearson	$r = .581$	$r = .485$	$r = 0.484$
Graphik	Überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt
	zwei Farben kein Ton Bedingung 4	zwei Farben zwei verschiedene Töne Bedingung 5	eine Farbe kein Ton Bedingung 6
HE Raum	$F(2, 18) = 207.097, p < .001$	$F(2, 18) = 205.821, p < .001$	$F(2, 18) = 272.490, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 0.033, p < .968$	$F(2, 18) = 1.951, p = .171$	$F(2, 18) = 0.310, p = .737$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.818, p = .522$	$F(4, 36) = 2.794, p < .05$	$F(4, 36) = 0.274, p = .893$
Pearson	$r = 0.588$	$r = 0.582$	$r = 0.573$
Graphik	Überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 30

Resultate von Experiment 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Kombination 2  
(Darbietungsbeginn in der oberen linken Ecke, vertikale Ausrichtung), ohne Ansage

	zwei Farben kein Ton Bedingung 1	zwei Farben zwei verschiedene Töne Bedingung 2	eine Farbe kein Ton Bedingung 3
HE Raum	$F(2, 18) = 169.633, p < .001$	$F(2, 18) = 99.275, p < .001$	$F(2, 18) = 515.541, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 3.437, p = .54$	$F(2, 18) = 0.263, p = .772$	$F(2, 18) = 1.051, p = .370$
Interakt.	$F(4, 36) = 1.130, p = .358$	$F(4, 36) = 0.158, p = .958$	$F(4, 36) = 1.616, p = .191$
Pearson	$r = 0.467$	$r = 0.510$	$r = 0.286$
Graphik	Überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 30 (Fortsetzung)

Resultate von Experiment 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Kombination 2  
(Darbietungsbeginn in der oberen linken Ecke, vertikale Ausrichtung), ohne Ansage

	zwei Farben kein Ton Bedingung 4	zwei Farben zwei verschiedene Töne Bedingung 5	eine Farbe kein Ton Bedingung 6
HE Raum	$F(2, 18) = 366.575, p < .001$	$F(2, 18) = 298.276, p < .001$	$F(2, 18) = 214.230, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 0.327, p = .725$	$F(2, 18) = 1.440, p = .263$	$F(2, 18) = 0.224, p = .801$
Interakt.	$F(4, 36) = 3.164, p < .05$	$F(4, 36) = 0.809, p = .527$	$F(4, 36) = 4.046, p < .05$
Pearson	$r = 0.669$	$r = 0.421$	$r = 0.462$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 31

Resultate von Experiment 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Kombination 3  
(Darbietungsbeginn in der oberen linken Ecke, diagonale Ausrichtung), ohne Ansage

	zwei Farben kein Ton Bedingung 1	zwei Farben zwei verschiedene Töne Bedingung 2	eine Farbe kein Ton Bedingung 3
HE Raum	$F(2, 18) = 245.379, p < .001$	$F(2, 18) = 203.476, p < .001$	$F(2, 18) = 318.573, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 0.637, p = .541$	$F(2, 18) = 0.185, p < .832$	$F(2, 18) = 0.368, p = .697$
Interakt.	$F(4, 36) = 4.982, p < .003$	$F(4, 36) = 0.864, p = .495$	$F(4, 36) = 0.145, p = .964$
Pearson	$r = 0.379$	$r = 0.515$	$r = 0.407$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

	zwei Farben kein Ton Bedingung 4	zwei Farben zwei verschiedene Töne Bedingung 5	eine Farbe kein Ton Bedingung 6
HE Raum	$F(2, 18) = 212.716, p < .001$	$F(2, 18) = 357.183, p < .001$	$F(2, 18) = 437.545, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 0.215, p = .808$	$F(2, 18) = 0.130, p = .879$	$F(2, 18) = 0.439, p = .651$
Interakt.	$F(4, 36) = 1.418, p = .248$	$F(4, 36) = 0.372, p = .827$	$F(4, 36) = 1.999, p = .115$
Pearson	$r = 0.564$	$r = 0.624$	$r = 0.495$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 32

Resultate von Experiment 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Kombination 4  
(Darbietungsbeginn in der unteren linken Ecke, horizontale Ausrichtung), ohne Ansage

	zwei Farben kein Ton Bedingung 1	zwei Farben zwei verschiedene Töne Bedingung 2	eine Farbe kein Ton Bedingung 3
HE Raum	$F(2, 18) = 675.762, p < .001$	$F(2, 18) = 148.874, p < .001$	$F(2, 18) = 408.170, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 0.034, p = .967$	$F(2, 18) = 0.821, p = .456$	$F(2, 18) = 1.051, p = .370$
Interakt.	$F(4, 36) = 1.283, p = .295$	$F(4, 36) = 1.640, p = .185$	$F(4, 36) = 0.885, p = .482$
Pearson	$r = 0.619$	$r = 0.593$	$r = 0.583$
Graphik	Überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt
	zwei Farben kein Ton Bedingung 4	zwei Farben zwei verschiedene Töne Bedingung 5	eine Farbe kein Ton Bedingung 6
HE Raum	$F(2, 18) = 186.352, p < .001$	$F(2, 18) = 344.862, p < .001$	$F(2, 18) = 217.396, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 1.797, p = .194$	$F(2, 18) = 0.889, p = .438$	$F(2, 18) = 5.107, p < .05$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.251, p = .907$	$F(4, 36) = 2.941, p < .05$	$F(4, 36) = 2.989, p < .05$
Pearson	$r = 0.603$	$r = 0.566$	$r = 0.571$
Graphik	Überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 33

Resultate von Experiment 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Kombination 5  
(Darbietungsbeginn in der unteren linken Ecke, vertikale Ausrichtung), ohne Ansage

	zwei Farben kein Ton Bedingung 1	zwei Farben zwei verschiedene Töne Bedingung 2	eine Farbe kein Ton Bedingung 3
HE Raum	$F(2, 18) = 213.605, p < .001$	$F(2, 18) = 220.821, p < .001$	$F(2, 18) = 458.091, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 7.887, p < .05$	$F(2, 18) = 1.600, p = .229$	$F(2, 18) = 2.370, p = .122$
Interakt.	$F(4, 36) = 1.856, p = .140$	$F(4, 36) = 0.908, p = .469$	$F(4, 36) = 2.961, p < .05$
Pearson	$r = 0.555$	$r = 0.465$	$r = 0.371$
Graphik	Überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 33 (Fortsetzung)

Resultate von Experiment 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Kombination 5  
(Darbietungsbeginn in der unteren linken Ecke, vertikale Ausrichtung), ohne Ansage

	zwei Farben kein Ton Bedingung 4	zwei Farben zwei verschiedene Töne Bedingung 5	eine Farbe kein Ton Bedingung 6
HE Raum	$F(2, 18) = 283.374, p < .001$	$F(2, 18) = 294.201, p < .001$	$F(2, 18) = 289.432, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 5.245, p < .05$	$F(2, 18) = 14.597, p < .001$	$F(2, 18) = 6.306, p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.445, p = .776$	$F(4, 36) = 0.882, p = .484$	$F(4, 36) = 2.144, p = .095$
Pearson	$r = 0.681$	$r = 0.461$	$r = 0.442$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 34

Resultate von Experiment 1.1., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Kombination 6  
(Darbietungsbeginn in der unteren linken Ecke, diagonale Ausrichtung), ohne Ansage

	zwei Farben kein Ton Bedingung 1	zwei Farben zwei verschiedene Töne Bedingung 2	eine Farbe kein Ton Bedingung 3
HE Raum	$F(2, 18) = 256.929, p < .001$	$F(2, 18) = 246.143, p < .001$	$F(2, 18) = 466.777, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 0.4, p = .676$	$F(2, 18) = 0.241, p = .788$	$F(2, 18) = 0.565, p = .578$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.361, p = .834$	$F(4, 36) = 0.054, p = .994$	$F(4, 36) = 0.459, p = .765$
Pearson	$r = 0.447$	$r = 0.472$	$r = 0.573$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

	zwei Farben kein Ton Bedingung 4	zwei Farben zwei verschiedene Töne Bedingung 5	eine Farbe kein Ton Bedingung 6
HE Raum	$F(2, 18) = 151.356, p < .001$	$F(2, 18) = 146.253, p < .001$	$F(2, 18) = 228.485, p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 0.304, p = .742$	$F(2, 18) = 1.485, p = .253$	$F(2, 18) = 1.998, p = .165$
Interakt.	$F(4, 36) = 1.729, p = .165$	$F(4, 36) = 0.253, p = .906$	$F(4, 36) = 2.055, p = .107$
Pearson	$r = 0.538$	$r = 0.646$	$r = 0.489$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

### 4.5.3. Diskussion

Ältere Experimente anhand visueller Stimuli haben gezeigt, dass das Ausmass des Effekts mit dem Ausmass wahrgenommener Geschwindigkeit korreliert (Cohen et al., 1953; Huang & Jones, 1982; Jones & Huang, 1982). Bei visuellen Stimuli kann der Eindruck zunehmender Geschwindigkeit generiert werden, indem bei gleichbleibenden zeitlichen Intervallen die räumliche Distanz erhöht wird (Kappa-Effekt) oder bei gleichbleibender räumlicher Distanz das zeitliche Intervall verkürzt wird (Tau-Effekt). Diese Experimente wurden in der theoretischen Einleitung bereits vorgestellt.

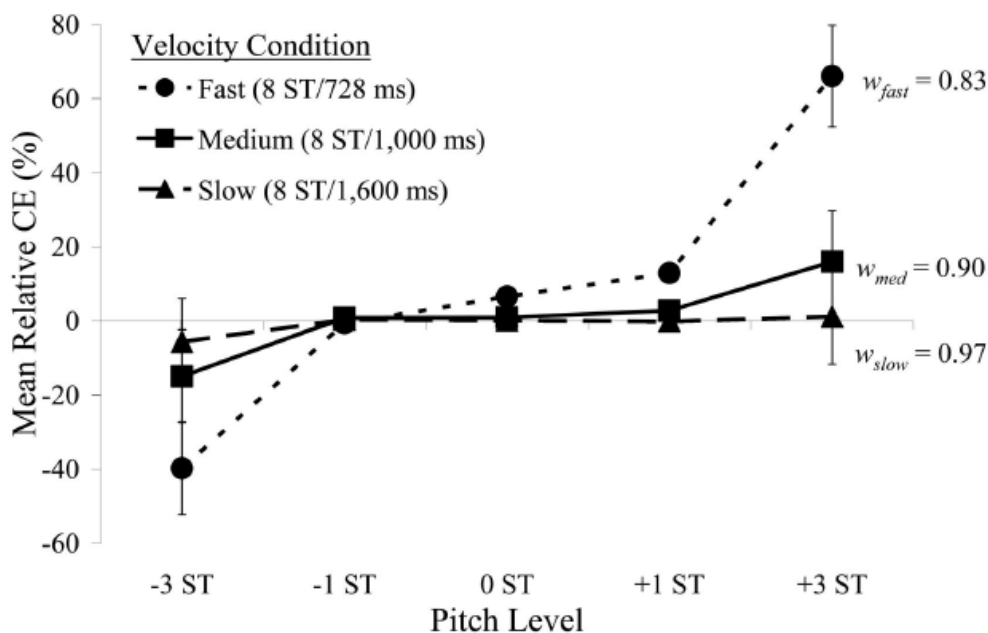


Abbildung 46. Resultate von Henry und McAuley (2009, S. 557) zum auditiven Kappa-Effekt in Abhängigkeit vom Mass an induzierter Geschwindigkeitszunahme.

Henry und McAuley (2009) untersuchten jüngst dieselbe Frage im Rahmen auditiver Kappa-Effekte. Namentlich wollten sie erforschen, ob sich aufgrund des Eindruckes zunehmender Geschwindigkeit, wie im eigenen Experiment 1.1. signalisiert durch eine Tonfolge mit höher werdenden Frequenzen, eine stärkere Ausprägung der Effekte finden lässt. Hierfür boten sie ihren Probanden drei akustische Stimuli dar. Während der erste und der dritte Stimulus immer dieselben Frequenzen aufwiesen (329.63 respektiv 523.25 Hz), war die Frequenz des mittleren Stimulus variabel. Die Versuchspersonen wurden zufällig in eine von drei Bedingungen eingeteilt, die sich bezüglich zeitlichem Intervall zwischen dem ersten und dem dritten Stimulus unterschieden. Namentlich konnte dieses Intervall 728 Millisekunden (hohe Geschwindigkeit), 1000 Millisekunden (mittlere Geschwindigkeit) oder 1800 Millisekunden (geringe Geschwindigkeit) betragen. Der

mittlere Stimulus konnte eine von fünf Frequenzen (349.23 Hz, 392 Hz, 415.3 Hz, 440 Hz oder 493.88 Hz) und eine von acht zeitlichen Positionen aufweisen (namentlich eine Abweichung von +/- 4%, +/- 8%, +/- 12% oder +/- 16% von der jeweiligen Hälfte des Intervalls zwischen dem ersten und dem dritten Stimulus). Die Versuchspersonen sollten in allen drei Bedingungen bestimmen, wie das Verhältnis zwischen dem ersten und dem zweiten zeitlichen Intervall (also zwischen dem ersten und dem zweiten respektiv zwischen dem zweiten und dem dritten Stimulus) war. Als Antwortoptionen standen nur „kürzer/länger“ oder „länger/kürzer“ zur Verfügung (nicht aber etwa „gleiche Intervalle“). Abbildung 46 macht deutlich, dass analog zur visuellen Stimulation das Ausmass des Effekts zusammen mit der wahrgenommenen Geschwindigkeit zunimmt (in besagter Abbildung quantifiziert durch Fehlurteile in Prozent).

Obwohl das hier diskutierte Experiment 1.1. den Tau-Effekt untersucht, kann es als Synthese der visuellen Experimente von Cohen et al. (1953), Huang und Jones (1982) sowie Jones und Huang (1982) und dem eben vorgestellten auditiven Experiment von Henry und McAuley (2009) betrachtet werden. In den sechs Bedingungen von Experiment 1.1. wurde im Kontext der Geschwindigkeitsvariation unter anderem untersucht

- (a) ob sich durch Abwärtsbewegung induzierte Geschwindigkeitszunahme oder durch Aufwärtsbewegung induzierte Geschwindigkeitsabnahme eine Verstärkung respektiv eine Verminderung des Effekts ergibt und
- (b) ob sich durch ansteigende Tonfrequenz induzierte Geschwindigkeitszunahmen oder durch absteigende Tonfrequenzen induzierte Geschwindigkeitsabnahmen eine Verstärkung respektiv eine Verminderung des Effekts ergibt.

Die varianzanalytischen Berechnungen zeigen zwar ernüchternde Resultate, die nicht von der Hand gewiesen werden können: Anhand der digitalen Skala und der Computermouse konnte in keiner der sechs Bedingungen ein reiner Effekt erzielt werden. Hinsichtlich induzierter Geschwindigkeitszunahmen zeigt aber die Analyse der Antwortausprägungen mittels Rangplatzzuweisung trotzdem eine interessante Tendenz. Namentlich evoziert visuell induzierte Geschwindigkeitszunahme, also die vertikal nach unten gerichtete Darbietung, höhere Urteile als alle anderen Bedingungen (Tabelle 28). Dasselbe zeigt sich bei der akustisch evozierten Geschwindigkeitszunahme mittels der kontinuierlich ansteigenden Frequenz des Tones.

Die Einzelanalysen zeigen in Bezug auf die Geschwindigkeit einen weiteren interessanten Aspekt (auch hier kann allerhöchstens wieder von einer Tendenz, keinesfalls aber von

einem statistisch erhärteten Befund die Rede sein). Unter Annahme, dass sich der erste Stimulus zur Position bewegt, an der der zweite Stimulus wahrgenommen wird, entstehen durch die je dreifache Variation des räumlichen Abstandes und des zeitlichen Intervalls neun Geschwindigkeiten. Diese sind in Tabelle 35 anhand des vielleicht gängigeren Masses Kilometer pro Stunde (km/h) zusammengefasst und sollen vergegenwärtigen, wie gering diese Geschwindigkeiten überhaupt sind (zum Vergleich wird einem Wanderer eine Geschwindigkeit von etwa 5 Kilometern pro Stunde zugeschrieben). Wie im Rahmen der Einzelanalysen geschildert wurde, kann oft von einem ‚partiellen Tau-Effekt‘ gesprochen werden, der nur durch das grösste zeitliche Intervall gebrochen wird (Tabelle 24). Gemäss der *imputed motion hypothesis* (Anderson, 1976; Cohen et al., 1955; Collyer, 1977; Jones & Huang, 1982; Price-Williams, 1954) ist die Wahrnehmung ebendieser quantitativen Unterschiede für den Effekt verantwortlich. Gleichzeitig zeigen die drei hervorgehobenen Geschwindigkeitsangaben von Tabelle 35, dass bestimmte Stimulikombinationen zu praktisch gleichen Geschwindigkeiten führen. Dadurch scheint es nicht plausibel, dass das zeitliche Intervall von 1800 Millisekunden für sich alleine genommen mit replizierbarer Regelmäßigkeit zu qualitativ anderen Urteilen führt.

Tabelle 35

*Geschwindigkeiten der neun Stimulikombinationen in Experiment 1.1. umgerechnet in Kilometer pro Stunde (km/h)*

Zeitliche Intervalle in Millisekunden (und Stunden)	Räumlicher Abstand in Zentimeter (und Kilometer)		
	5.7 cm	11.4 cm	17.1 cm
	(0.000057 km)	(0.000114 km)	(0.000171 km)
600 ms (0.00016 Std.)	<b>0.356 km/h</b>	0.712 km/h	1.069 km/h
1200 ms (0.00033 Std.)	0.172 km/h	<b>0.344 km/h</b>	0.516 km/h
1800 ms (0.0005 Std.)	0.114 km/h	0.228 km/h	<b>0.342 km/h</b>

Abschliessend kann nichtsdestotrotz folgendes festgehalten werden: Die Ermittlung eines Effekts durch *forced choice* Aufgaben wie es Henry und McAuley (2009) gemacht haben, ist sicherlich einfacher als mittels dem sensitiveren Funktionalen Messen. Dass im Rahmen von Stimuli mit Bewegungsinduzierung trotzdem Tendenzen gefunden werden konnten, die sich zum Teil als signifikant erweisen (siehe Tabelle 26 und Tabelle 28), lässt die Vermutung aufkommen, dass Bewegung tatsächlich der ausschlaggebende Faktor sein kann. Noch tiefer in dieser Frage taucht Experiment 1.2., so dass die hier angerissene



Diskussion dort weitergeführt werden soll.

#### 4.6. Experiment 1.2. (Tau-Effekt):

##### Vierfache Variation der Bewegungsinduzierung mit Ansage bei Erwachsenen

Um in den entsprechenden Bedingungen den Eindruck einer Bewegung zu erhöhen, wurde den Versuchspersonen (blockweise) mitgeteilt wo die Darbietung beginnen und welche Ausrichtung sie haben würde. Dieses Experiment ähnelte somit stark den klassischen Versuchen, bei denen die Ausrichtung nur horizontal und somit jeweils bekannt war (vgl., Abbe, 1937; Abe, 1935; Bill & Teft, 1969, 1972; Collyer, 1977; Huang & Jones, 1982; Jones & Huang, 1982; Sarrazin et al., 2004, 2005, 2008; Scholtz, 1924).

##### 4.6.1. Methode

**Versuchspersonen.** In den vier Bedingungen von Experiment 1.2. nahmen je zehn erwachsene Versuchspersonen teil. Tabelle 36 gibt Auskunft über Alter und Geschlechterverteilung der Probanden pro Bedingung und im Gesamten wieder. Alle Versuchspersonen waren rechtshändig oder waren gewohnt, die Computermouse mit der rechten Hand zu bedienen. Auch berichteten alle Probanden über gutes Sehvermögen, teilweise erreicht durch ein Hilfsmittel (Brille oder Kontaktlinsen).

Tabelle 36

*Altersangaben und Geschlechterverteilung in Experiment 1.2., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, vierfache Variation der Bewegungsinduzierung mit Ansage bei Erwachsenen*

Bedingung	Geschlechterverteilung w/m (Gesamt)	Durchschnittsalter der Probanden (yy;mm)	Altersbereich (yy;mm – yy;mm)
3	7/3 (10)	28 ; 05	20 ; 02 – 39 ; 03
4	8/2 (10)	25 ; 01	18 ; 06 – 34 ; 09
5	8/2 (10)	26 ; 03	20 ; 06 – 48 ; 02
6	7/3 (10)	24 ; 10	20 ; 02 – 30 ; 00
Gesamt	30/10 (40)	26 ; 02	20 ; 02 – 48 ; 02

**Anmerkung:** Siehe Tabelle 23 für eine detaillierte Erläuterung der einzelnen Bedingungen.

**Versuchsparameter.** In Experiment 1.2. wurden nur die Bedingungen mit Bewegungsinduzierung (beide Stimuli hatten dieselbe Farbe) getestet; namentlich also Bedingung 3 (kein Ton), Bedingung 4 (unveränderter Ton), Bedingung 5 (ansteigender Ton) und Bedingung 6 (abfallender Ton). Um den Eindruck einer Bewegung zu erhöhen, wurden die 18 Trials jeder Kombination in zwei Blöcke à neun Trials, also in insgesamt 12 Blöcke, aufgeteilt. Nun wurden nicht die 108 Trials in randomisierter Reihenfolge, sondern

diese 12 Blöcke in zufälliger Abfolge dargeboten (wobei aber auch die jeweils darin enthaltenen neun Trials randomisiert wurden). Alle anderen Versuchsparameter blieben unverändert.

**Versuchsablauf.** Nachdem die Instruktion geliefert worden war, konnte mittels 18 Probetrials sichergestellt werden, dass die Versuchspersonen alles verstanden hatten. Pro Kombination wurden drei Trials dargeboten ( $6 \times 3 = 18$ ). Die Probetrials wurden zudem genutzt um die Probanden mit der ganzen Versuchsumgebung und Versuchsanordnung vertraut zu machen. Wie im Laufe der eigentlichen Erhebung waren auch die Probetrials blockweise geordnet. Eine Texteinblendung in der Mitte des Computerbildschirms teilte den Probanden, jeweils vor jedem Block, den Startpunkt und die Ausrichtung der nachfolgenden Trials mit (der Text in eckigen Klammern war abhängig von der nachfolgenden Kombination):

Der erste Stimulus wird in der [linken unteren/linken oberen] Bildschirmecke erscheinen. Der zweite Stimulus wird [horizontal/vertikal/diagonal] davon ausgerichtet sein. Richten Sie ihren Blick auch dann auf die Bildschirmmitte, wenn das Fixationskreuz verschwunden ist!

Danach folgten die drei Probetrials respektiv die neun Experimentaltrials des entsprechenden Blocks. Nach jedem solchen Block informierte eine neue Bildschirmeinblendung über die Charakteristiken der nachfolgenden Trials. Dies wiederholte sich bis alle 6 Blöcke (à 3 Trials) des Probelaufs, respektiv alle 12 Blöcke (à 9 Trials) des eigentlichen Experiments dargeboten worden waren.

#### **4.6.2. Resultate**

Tabellen 37 bis 42 geben, geordnet nach Kombination, die statistischen Kennwerte und die Kommentare zu den graphischen Mustern wieder. Die interessantesten Befunde jeder Bedingung sollen an dieser Stelle kurz kommentiert werden.

**Bedingung 3.** Wird eine Bewegung ohne die zusätzliche Darbietung eines Tones induziert, zeigt die Gruppenanalyse Resultate, die auf einen Tau-Effekt schliessen lassen (parallel ansteigende, lineare Vektoren). In den Tabellen werden sie trotzdem als ‚nicht eindeutig‘ geführt, weil entweder die Kriterien aus statistischer Perspektive nicht erfüllt sind oder mindestens ein Datenpunkt das Muster reiner Parallelität durchbricht.

Kombination 1 erzeugt mit einer Ausnahme ein parallel aufsteigendes, lineares Muster (Abbildung 47). Die statistischen Kennwerte sprechen aber, aufgrund des nicht

signifikanten Haupteffektes Zeit, nicht für einen reinen Tau-Effekt,  $F(2, 18) = 0.871$ ,  $p = .435$ .

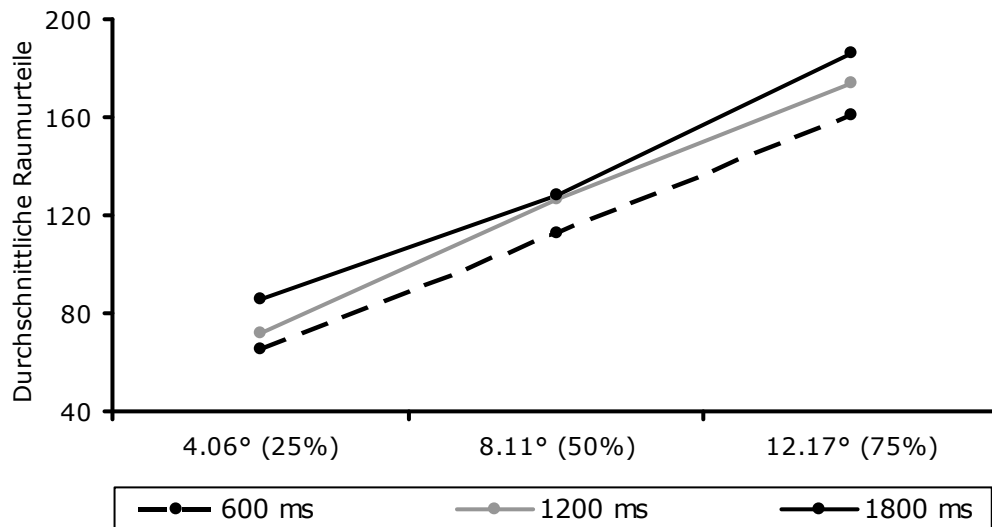


Abbildung 47. Resultat von Experiment 1.2., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Bedingung 3 (Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, kein Ton), Beginn oben links/horizontale Ausrichtung (Kombination 1).

Dasselbe Bild zeigt sich in Kombination 2, wobei die einzige Ausnahme nun im Bereich des längsten Zeitintervalls zu finden ist (Abbildung 48). Auch in diesem Falle sind aufgrund des nicht signifikanten Haupteffekts Zeit die Kriterien eines reinen Effekts nicht vollends erfüllt,  $F(2, 18) = 1.037$ ,  $p = .375$ .

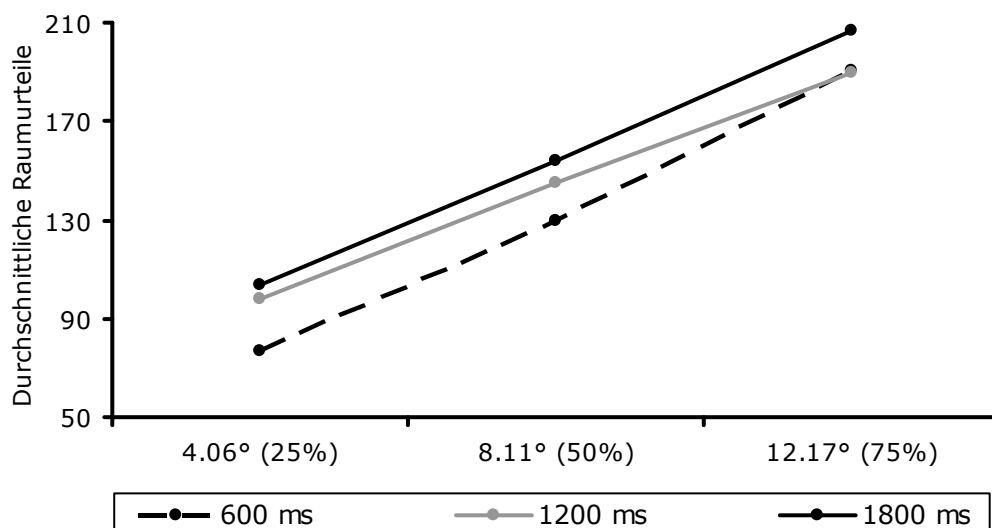


Abbildung 48. Resultat von Experiment 1.2., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Bedingung 3 (Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, kein Ton), Beginn oben links/vertikale Ausrichtung (Kombination 2).

Kombination 3 zeigt hinsichtlich Graphik zwar einen klaren Tau-Effekt (Abbildung 49),

auch hier tritt aber aufgrund des nicht signifikanten Haupteffektes Zeit kein reiner Effekt auf,  $F(2, 18) = 1.017, p = .382$ .

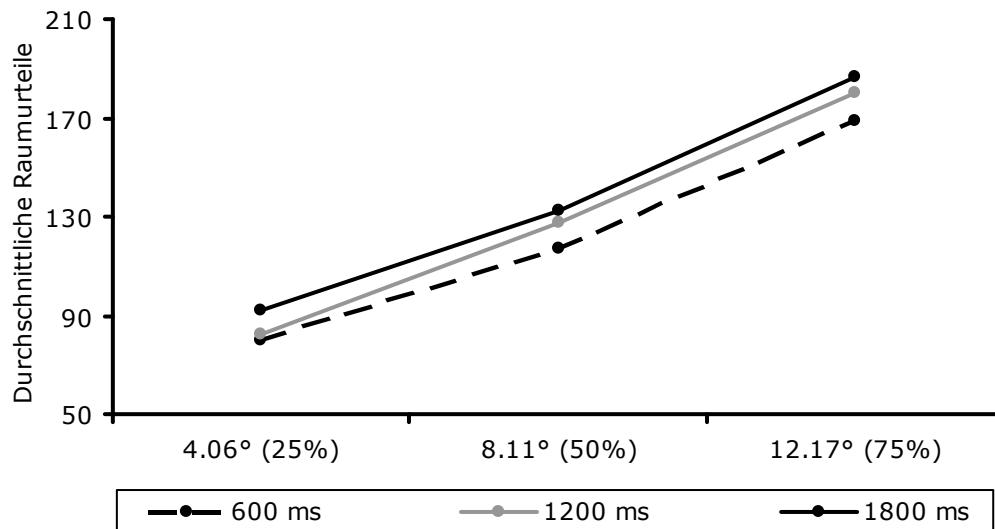


Abbildung 49. Resultat von Experiment 1.2., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Bedingung 3 (Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, kein Ton), Beginn oben links/diagonale Ausrichtung (Kombination 3).

In den Kombinationen 4 bis 6, also jenen mit Startpunkt in der unteren linken Bildschirmecke, sind das kleinste und das mittlere Zeitintervall graphisch gut differenzierbar, das mittlere und das grösste Zeitintervall überlappen sich aber teilweise (siehe Abbildung 50, Abbildung 51 und Abbildung 52).

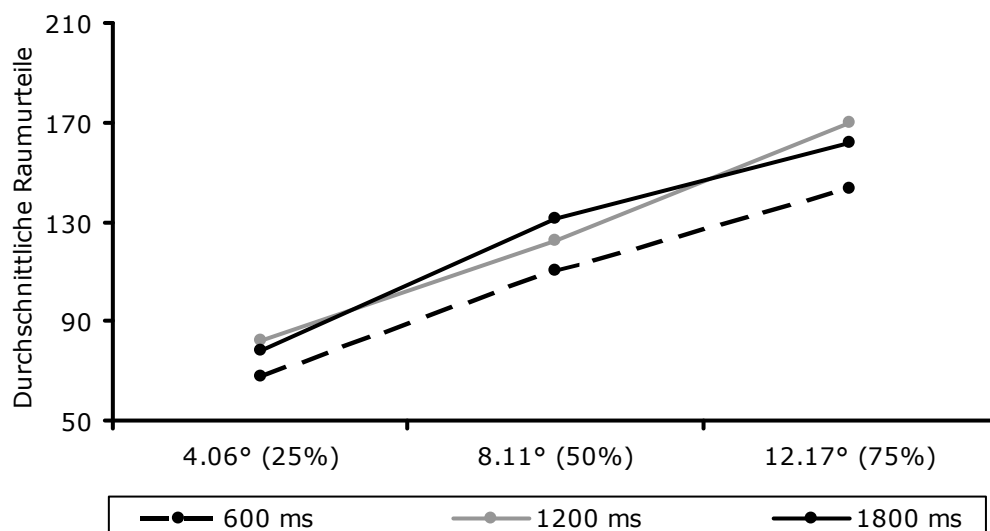


Abbildung 50. Resultat von Experiment 1.2., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Bedingung 3 (Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, kein Ton), Beginn unten links/horizontale Ausrichtung (Kombination 4).

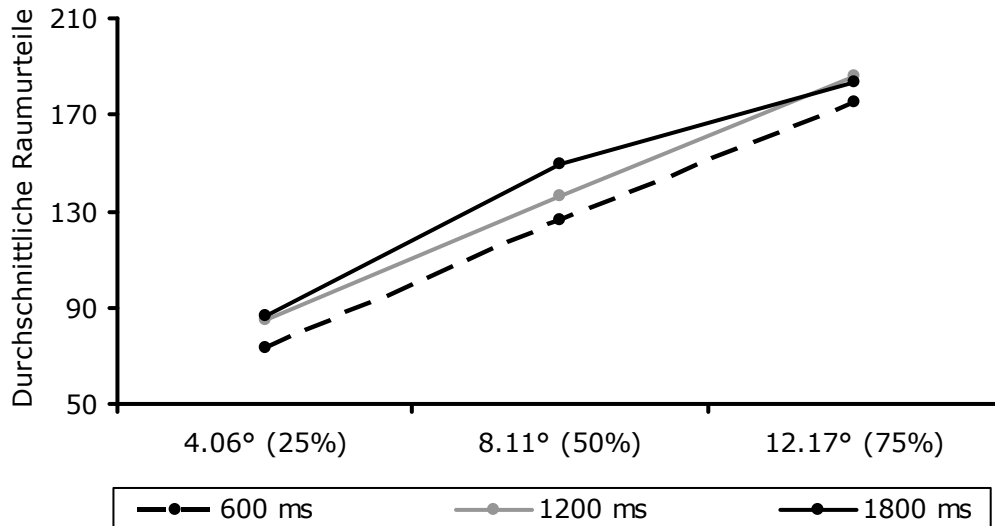


Abbildung 51. Resultat von Experiment 1.2., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Bedingung 3 (Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, kein Ton), Beginn unten links/vertikale Ausrichtung (Kombination 5).

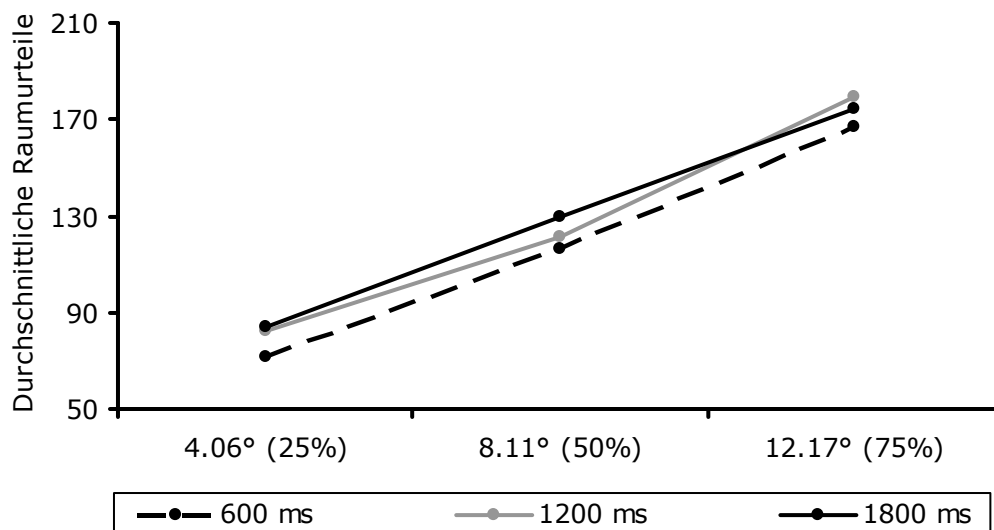


Abbildung 52. Resultat von Experiment 1.2., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Bedingung 3 (Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, kein Ton), Beginn unten links/diagonale Ausrichtung (Kombination 6).

In den drei letztgenannten Kombinationen ist der Haupteffekt Raum jeweils effektkonform signifikant, während es die entsprechende Raum-Zeit-Interaktion, ebenfalls effektkonform, nicht war. Der jeweilige Haupteffekt Zeit erreichte aber die Signifikanz in keinem der drei Fälle;  $F(2, 18) = 1.383$ ,  $p = .276$  in Kombination 4,  $F(2, 18) = 0.561$ ,  $p = .580$  in Kombination 5 sowie  $F(2, 18) = 0.821$ ,  $p = .456$  in Kombination 6. Somit kann auch in diesen drei Fällen nicht von einem reinen Tau-Effekt die Rede sein.

Tabelle 37

Resultate von Experiment 1.2., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Kombination 1  
(Darbietungsbeginn in der oberen linken Ecke, horizontale Ausrichtung), mit Ansage

Bedingung	3	4	5	6
Ton	kein Ton	unverändert	ansteigend	abfallend
HE Raum	$F(2, 18) = 110.773,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 481.249,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 166.748,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 205.821,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 0.871,$ $p = .435$	$F(2, 18) = 1.696,$ $p = .212$	$F(2, 18) = 0.473,$ $p = .631$	$F(2, 18) = 1.951,$ $p = .171$
Interakt.	$F(4, 36) = 1.869,$ $p = .137$	$F(4, 36) = 0.473,$ $p = .755$	$F(4, 36) = 0.530,$ $p = .714$	$F(4, 36) = 2.794,$ $p < .05$
Pearson	$r = 0.588$	$r = 0.552$	$r = 0.576$	$r = 0.584$
Graphik	parallel aufsteigend *	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	nicht eindeutig *	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 38

Resultate von Experiment 1.2., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Kombination 2  
(Darbietungsbeginn in der oberen linken Ecke, vertikale Ausrichtung), mit Ansage

Bedingung	3	4	5	6
Ton	kein Ton	unverändert	ansteigend	abfallend
HE Raum	$F(2, 18) = 79.803,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 231.454,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 142.548,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 298.276,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 1.037,$ $p = .375$	$F(2, 18) = 0.351,$ $p = .709$	$F(2, 18) = 1.614,$ $p = .227$	$F(2, 18) = 1.440,$ $p = .263$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.974,$ $p = .434$	$F(4, 36) = 0.784,$ $p = .543$	$F(4, 36) = 1.508,$ $p = .220$	$F(4, 36) = 0.809,$ $p = .527$
Pearson	$r = 0.669$	$r = 0.506$	$r = 0.689$	$r = 0.535$
Graphik	parallel aufsteigend *	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	nicht eindeutig *	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 39

Resultate von Experiment 1.2., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Kombination 3  
(Darbietungsbeginn in der oberen linken Ecke, diagonale Ausrichtung), mit Ansage

Bedingung	3	4	5	6
Ton	kein Ton	unverändert	ansteigend	abfallend
HE Raum	$F(2, 18) = 47.029,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 326.297,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 148.479,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 357.183,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 1.017,$ $p = .382$	$F(2, 18) = 1.687,$ $p = .213$	$F(2, 18) = 0.865,$ $p = .438$	$F(2, 18) = 0.130,$ $p = .879$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.242,$ $p = .913$	$F(4, 36) = 1.118,$ $p = .363$	$F(4, 36) = 0.124,$ $p = .973$	$F(4, 36) = 0.372,$ $p = .827$
Pearson	$r = 0.564$	$r = 0.555$	$r = 0.554$	$r = 0.622$
Graphik	nicht eindeutig *	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	nicht eindeutig *	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 40

Resultate von Experiment 1.2., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Kombination 4  
(Darbietungsbeginn in der unteren linken Ecke, horizontale Ausrichtung), mit Ansage

Bedingung	3	4	5	6
Ton	kein Ton	unverändert	ansteigend	abfallend
HE Raum	$F(2, 18) = 38.477,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 207.759,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 161.978,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 344.862,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 1.383,$ $p = .276$	$F(2, 18) = 0.402,$ $p = .675$	$F(2, 18) = 6.231,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 0.889,$ $p = .428$
Interakt.	$F(4, 36) = 3.540,$ $p < .05$	$F(4, 36) = 2.244,$ $p = .083$	$F(4, 36) = 0.552,$ $p = .699$	$F(4, 36) = 2.941,$ $p < .05$
Pearson	$r = 0.603$	$r = 0.525$	$r = 0.533$	$r = 0.656$
Graphik	nicht eindeutig *	überlappend aufsteigend	nicht eindeutig *	überlappend aufsteigend
Effekt	nicht eindeutig *	kein Tau-Effekt	nicht eindeutig *	kein Tau-Effekt



Tabelle 41

Resultate von Experiment 1.2., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Kombination 5  
(Darbietungsbeginn in der unteren linken Ecke, vertikale Ausrichtung), mit Ansage

Bedingung	3	4	5	6
Ton	kein Ton	unverändert	ansteigend	abfallend
HE Raum	$F(2, 18) = 43.788,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 308.022,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 158.008,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 294.201,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 0.561,$ $p = .580$	$F(2, 18) = 0.568,$ $p = .576$	$F(2, 18) = 2.119,$ $p = .149$	$F(2, 18) = 14.597,$ $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 1.173,$ $p = .339$	$F(4, 36) = 0.367,$ $p = .831$	$F(4, 36) = 0.413,$ $p = .798$	$F(4, 36) = 0.882,$ $p = .484$
Pearson	$r = 0.681$	$r = 0.536$	$r = 0.591$	$r = 0.531$
Graphik	nicht eindeutig *	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	nicht eindeutig *	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 42

Resultate von Experiment 1.2., Versuchsreihe A, Tau-Effekt, Erwachsene, Kombination 6  
(Darbietungsbeginn in der unteren linken Ecke, diagonale Ausrichtung), mit Ansage

Bedingung	3	4	5	6
Ton	kein Ton	unverändert	ansteigend	abfallend
HE Raum	$F(2, 18) = 57.341,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 541.192,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 273.026,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 146.253,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 0.821,$ $p = .456$	$F(2, 18) = 0.600,$ $p = .559$	$F(2, 18) = 0.441,$ $p = .650$	$F(2, 18) = 1.485,$ $p = .253$
Interakt.	$F(4, 36) = 1.025,$ $p = .408$	$F(4, 36) = 2.943,$ $p = .109$	$F(4, 36) = 0.331,$ $p = .855$	$F(4, 36) = 0.253,$ $p = .906$
Pearson	$r = 0.538$	$r = 0.386$	$r = 0.590$	$r = 0.585$
Graphik	nicht eindeutig *	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	nicht eindeutig *	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

**Restliche Bedingungen.** In den Bedingungen 4 bis 6 von Experiment 1.2., also jenen Bedingungen mit der simultanen Darbietung eines gleichbleibenden (Kombination 4), ansteigenden (Kombination 5) oder abfallenden Tones (Kombination 6), konnten weder in den Gruppenanalysen noch in den Einzelanalysen Tau-Effekte eruiert werden. In allen Fällen produzierten die Probanden linear aufsteigende, sich überlappende Vektoren wie es in Experiment 1.1. bereits der Fall war.

#### **4.6.3. Diskussion**

Bedingung 3 von Experiment 1.2. weist eine Divergenz zwischen statistischen Kennwerten und graphischen Mustern auf. Während erstere nicht auf einen Effekt hindeuten (jeweils signifikanter Haupteffekt Raum und nicht signifikante Interaktion, aber ebenfalls nicht signifikanter Haupteffekt Zeit), zeigen die graphischen Muster teilweise klar parallele, linear aufsteigende Vektoren, die auf einen Tau-Effekt schliessen lassen. Die besondere Rolle der graphischen Muster im Rahmen des Funktionalen Messens wurde bereits in der theoretischen Einleitung diskutiert. In diesem Sinne kann, unter Vernachlässigung der statistischen Kennwerte, von einem Effekt oder zumindest von einer deutlichen Tendenz Richtung Effekt gesprochen werden.

Ein Problem tritt aber auf, das weitere Zweifel an der Genauigkeit des Antwortformates (Urteile auf digitaler Skala mittels Zeiger der Computermouse) aufkommen lässt. Namentlich zeigt Kombination 5, neben einem nicht linearen Anstieg, auch eine Überlappung der Vektoren der zeitlichen Intervalle von 1200 und 1800 Millisekunden.

Aufgrund der Probleme in Zusammenhang mit der mentalen Rotation im Laufe der Vorversuche wurde nun die linke obere Ecke des Bildschirms, anstelle der rechten oberen Bildschirmecke, als Startpunkt der Darbietung verwendet (der Startpunkt im linken unteren Sichtfeld blieb indes erhalten). So startete Kombination 3 in der oberen linken Bildschirmecke, während Kombination 5 in der unteren linken Ecke des Bildschirms begann; in beiden Fällen aber mit horizontaler Ausrichtung. Es ist nicht plausibel, dass einzig der unterschiedliche Darbietungsstartpunkt für die nicht identischen Antwortmuster ausschlaggebend ist. Vielmehr lässt sich dieser Unterschied auf die Ungenauigkeit der verwendeten Schnittstelle zurückführen, die in der methodischen Einleitung bereits diskutiert wurde. Versuchsreihe B hat in diesem Zusammenhang das Ziel allfällige Artefakte auszuschliessen.

Die restlichen Bedingungen haben weder hinsichtlich statistischer Kennwerte noch hinsichtlich graphischer Muster zum gewünschten Effekt geführt. Bei den Bedingungen 4 bis 6 kamen unterschiedliche Töne zum Zuge, die entweder eine gleichbleibende, eine ansteigende oder eine abfallende Geschwindigkeit suggerieren sollten. Je nachdem welche Ausrichtung die Darbietung hatte, stellte das akustische Signal einen Widerspruch oder eine Bestätigung des visuellen Signals dar. So verliert ein nach oben bewegtes Objekt stetig an Geschwindigkeit, was durch einen abfallenden Ton akustisch untermauert wird. Ein nach oben bewegtes Objekt, das mit einem ansteigenden Ton gepaart wird, stellt wiederum einen Widerspruch dar. Wie die Resultate von Bedingung 3 im Vergleich zu den restlichen Bedingungen zeigen, scheint aber ein Primate visueller Information zu bestehen. Die zusätzliche Darbietung eines Tones, sei dieser mit der visuellen Darbietung kongruent oder nicht, variiert das Ausmass des Effekts nicht, sondern lässt ihn gänzlich verschwinden.<sup>18</sup> Dieser Umstand soll zum Anlass genommen werden, um die Qualität beider Signale, insbesondere hinsichtlich ihrer Geschwindigkeitsinformation, etwas genauer zu analysieren und so an die Diskussion von Experiment 1.1. anzuknüpfen.

Wie im Rahmen der theoretischen Einleitung festgehalten wurde, ist Geschwindigkeit Funktion der zurückgelegten Distanz und der dafür benötigten Zeit. Anlehnend an die entsprechende physikalische Formel ( $\text{Geschwindigkeit} = \text{Distanz} / \text{Zeit}$ ) sind also zwei Dimensionen getrennt zu beachten und dann wiederum korrekt zu verknüpfen, um die Geschwindigkeit eines bestimmten Objektes zu eruieren. Dass Geschwindigkeitswahrnehmung tatsächlich auf diese analytische, sich an physikalische Regeln haltende Weise funktioniert, wird von manchen Forscherkreisen aber bezweifelt. Ähnlich dem Ansatz ökologischer Wahrnehmung nach Gibson (1979), wird Geschwindigkeit als primäre Empfindung gesehen, die ohne jegliche kognitive Verarbeitung wahrgenommen werden könne (vgl., Lappin, Bell, Harm & Kottas, 1975; Maunsell & Van Essen, 1983; Orban, DeWolf & Maes, 1984; Orban, Kennedy & Maes, 1981).

---

<sup>18</sup> Dies ist erstaunlich, denn sowohl Bedingung 5 (ansteigender Ton), also auch Bedingung 6 (abfallender Ton) weisen Kombinationen auf, die kongruent sind oder nicht. Namentlich stimmt die vertikal nach unten gerichtete visuelle Darbietung von Bedingung 5 mit dem ansteigenden Ton überein, während es die nach oben gerichtete, vertikale Darbietung nicht tut. Im Falle derselben Kombinationen von Bedingung 6 ist dieser Zusammenhang hingegen genau gegensätzlich. Der Ton führt aber nicht etwa zu einer Löschung des Effekts im Falle von Nichtkongruenz und zu einer Verstärkung des Effekts im Falle vorhandener Kongruenz, sondern in beiden Fällen zu einer Ausnivellierung des, in der tonlosen Bedingung 3 noch vorhandenen, Tau-Effekts.

Algom und Cohen-Raz (1984, 1987) postulieren wiederum, dass der analytische Ansatz den Ansatz primärer Empfindung nicht ausschliesst, et vice versa. Zur Überprüfung ihrer Hypothese boten sie ihren Versuchspersonen auf einem Computermonitor einen leuchtenden Punkt dar, der sich im Kreis bewegte (diese Form wurde gewählt, weil eine kreisförmige Bewegung nicht durch die Ränder der Projektionsfläche limitiert ist). Die zurückgelegte Distanz und die Dauer der Bewegung wurden je zehnfach variiert, so dass 100 Geschwindigkeiten dargeboten werden konnten. Aufgabe der Versuchspersonen war es, gemäss der so genannten *Magnitude Estimation* (Marks, 1974; Stevens, 1975), der ersten Darbietung einen beliebigen Wert zu geben und die folgenden Darbietungen mit diesem Wert in Beziehung zu setzen. Wird beispielsweise der ersten Geschwindigkeit der Wert 20 verliehen, müsste eine doppelt so schnelle Darbietung also den Wert 40 erhalten.

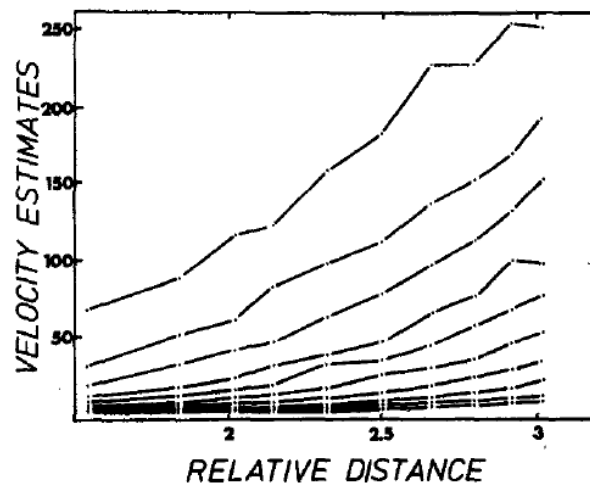


Abbildung 53. Gruppenmittelwerte der Geschwindigkeitseinschätzungen mittels Magnitude Estimation nach Algom und Cohen-Raz (1984, S. 489).

Die Autoren konnten sowohl mittels Gruppenanalyse (Abbildung 53) als auch mittels Einzelanalyse aufzeigen, dass Zeit und Distanz von erwachsenen Versuchspersonen in korrekte funktionale Beziehung gebracht werden. Dieser Befund scheint eher für eine analytische Wahrnehmung und gegen das Postulat primärer Empfindung zu sprechen. Algom und Cohen-Raz (1984) spielen beide Ansätze aber nicht gegeneinander aus, sondern interpretieren ihre Befunde wie folgt:

The question at issue is whether velocity is perceived directly as a primary visual attribute or whether it is a secondary variable inferred indirectly by noting changes in both spatial and temporal positions of objects [...]. The present results are consistent [...] with the conclusion that perception of velocity is both primary

and direct – with a qualification. By no means should the "directness" of velocity judgments be taken to indicate an inability to recover either distance or duration information by the observer. On the contrary, the information from both physical dimensions is fully retained, although in a form different from that used in explicit judgments of the two dimensions. (S. 499)

Diese Perspektive könnte unter Umständen erklären warum eine zusätzliche Geschwindigkeitsinformation, sei diese akustisch oder visuell, den angestrebten Effekt, zumindest in dieser Form, nicht beeinflussen kann. Auch wenn der Ansatz ganzheitlicher Wahrnehmung von Geschwindigkeit, im Sinne des Postulates primärer Empfindung, korrekt wäre, müsste das nicht zwangsläufig bedeuten, dass wir die Geschwindigkeitsinformation nicht in ihre Einzelteile (sprich, der zurückgelegten Distanz in einer bestimmten Zeit) zerlegen könnten. In diesem Sinne kann die Wahrnehmung, im Falle des hier untersuchten Tau-Effekts, durchaus nur auf die wahrgenommene Distanz gerichtet werden. Und da dieses räumliche Signal ausschliesslich visuell vermittelt wird, verliert der vermeintlich geschwindigkeitsinduzierende Begleitton vollends seine Wirkung. Zu einer solchen Zerlegung könnte es vor allem dann kommen, wenn sich zwei parallele Signale widersprechen (wie beispielsweise die nach unten gerichtete Bewegung, die vermeintlich an Geschwindigkeit zunehmen müsste und der abfallende Ton, der aber für eine Geschwindigkeitsreduktion steht). Der Versuch die Inkongruenz zwischen visuellem und akustischem Signal aufzulösen, könnte dazu führen, dass die Aufmerksamkeit auf die erfragte Distanzinformation erhöht wird, so dass schlussendlich kein Tau-Effekt resultiert.

Einerseits spricht zwar das Auftreten eines Effekts bei der tonlosen Bedingung 3, im Gegensatz zu den akustisch unterlegten und schlussendlich effektfreien Bedingungen 5 und 6, für diese Hypothese. Andererseits ist aber nicht zu vergessen, dass die Bedingung mit unverändertem Ton (Bedingung 4) ebenfalls keinen Effekt evoziert hat. Die kommenden Versuchsreihen werden klären, ob die Befunde von Experiment 1.2. mit dieser Argumentation in Einklang gebracht werden können oder ob es sich hierbei hingegen, aufgrund des sensitiven Antwortformates, nur um ein methodisches Artefakt ohne bestimmte Regelhaftigkeit gehandelt hat.

#### 4.7. Experiment 1.3. (Kappa-Effekt):

##### Vierfache Variation der Bewegungsinduzierung ohne Ansage bei Erwachsenen

In Experiment 1.3. wurde der Kappa-Effekt, das vermeintliche Spiegelbild des bis anhin untersuchten Tau-Effekts, erforscht. Um eine direkte Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurde dieselbe digitale Antwortskala verwendet. Waren Raumurteile auf dieser Skala noch von intuitivem Charakter, weil sie eigentlich eine analoge Übertragung der Darbietungen erlaubten, erwies sich der Gebrauch der Skala zwecks zeitlicher Urteile als ungleich schwieriger. Im Sinne einer erneuten Testphase mit verbesserter Instruktion wurden also kleinere Stichproben und weniger Bedingungen untersucht. Von massgebendem Interesse war auch hier der Einfluss der Bewegungsinduzierung auf den Effekt.

##### 4.7.1. Methode

Der wesentliche Unterschied bestand in der Instruktion. Aufgrund der Erfahrung aus den Vorversuchen wurde auch im Rahmen des Kappa-Effekts versucht, die Aufgabe an einen konkreteren Inhalt zu knüpfen.

**Versuchspersonen.** Insgesamt nahmen 20 Versuchspersonen an Experiment 1.3. teil, die zufällig in eine von vier Bedingungen an je fünf Versuchspersonen eingeteilt wurden. Tabelle 43 gibt die Altersangaben und die Geschlechterverteilung pro Bedingung und im Gesamten wieder. Alle Versuchspersonen waren rechtshändig oder waren zumindest gewohnt, die Computermouse mit der rechten Hand zu bedienen. Auch berichteten alle Probanden über gutes Sehvermögen, teilweise erreicht durch ein Hilfsmittel (Brille oder Kontaktlinsen).

Tabelle 43

*Altersangaben und Geschlechterverteilung in Experiment 1.3., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, vierfache Variation der Bewegungsinduzierung ohne Ansage bei Erwachsenen*

Bedingung	Geschlechterverteilung w/m (Gesamt)	Durchschnittsalter der Probanden (yy;mm)	Altersbereich (yy;mm – yy;mm)
1	2/3 (5)	30 ; 11	21 ; 08 – 45 ; 01
2	4/1 (5)	30 ; 04	22 ; 03 – 55 ; 08
3	4/1 (5)	28 ; 04	22 ; 02 – 50 ; 07
4	4/1 (5)	27 ; 02	22 ; 07 – 39 ; 06
Gesamt	14/6 (20)	29 ; 02	21 ; 08 – 55 ; 08

**Versuchsparameter.** In den ersten zwei Bedingungen wurde, wie erwähnt, eine wesentlich andere Instruktion als bisher verwendet. Deshalb soll nun lediglich auf diese angepasste Instruktion genauer eingegangen werden. In *Bedingung 1* hatten beide Stimuli eine unterschiedliche Farbe, was suggerieren sollte, dass es sich um zwei distinkte Punkte handle. Dies wurde ebenfalls durch die Instruktion untermauert: Die Versuchspersonen sollten sich jeweils vorstellen, dass sie einem Synchronturnspringwettbewerb als Mitglied der Jury beiwohnten. Die beiden Punkte, die sie in jedem Trial zu sehen bekommen würden, würden je einen Synchronturnspringer repräsentieren. Diese hatten nicht nur die Aufgabe gleichzeitig vom Sprungbrett zu springen und in der Luft ihre Bewegungen synchron auszuführen, sondern sollten auch zur gleichen Zeit im Wasser landen. Aufgabe des Probanden war es nach jeder Darbietung anzugeben, wie gut dieser letzte Aufgabenteil, also das gleichzeitige Eintauchen im Wasser, bewältigt wurde. Der Nullpunkt der Skala bedeute eine absolut fehlerfreie Darbietung, also gleichzeitiges Landen im Wasser respektiv gleichzeitiges Erscheinen beider Punkte auf dem Bildschirm (sprich, keine zeitliche Verzögerung). Dies kam aber faktisch nicht vor, da die zwei Stimuli nie zur selben Zeit erschienen. Umso grösser die Unpräzision war, umso grösser sich also die zeitliche Verzögerung zwischen den Stimuli jeweils gestaltete, desto weiter nach rechts auf der Skala sollte das Urteil ausfallen. Zur Veranschaulichung diene an dieser Stelle nebenstehende Abbildung 54.



Abbildung 54. Beispiel einer visuellen Instruktionshilfen für Bedingungen ohne Induzierung von Bewegung bei Kappa-Experimenten.

Die visuelle Darbietung (also die zwei verschiedenfarbigen Punkte) und die Instruktion in *Bedingung 2* waren dieselben wie in der ersten, eben vorgestellten Bedingung. Zusätzlich waren aber während den beiden Sichtbarkeitsdauern der Stimuli von je 300 Millisekunden zwei verschiedene Sinus-Töne zu hören (siehe Kapitel 3.2. und Abbildung 11). Diese sollten zusammen mit den zwei unterschiedlichen Farben den Eindruck verstärken, dass es sich um zwei distinkte Stimuli handle.

*Bedingung 3* und *Bedingung 4* von Experiment 1.3. waren identisch mit den entsprechenden Bedingungen in den zwei vorangehenden Experimenten. Statt aber die räumliche Länge des Tunnelzwischenstückes zu beurteilen (Abbildung 36), sollten die Versuchspersonen nun angeben wie lange das Auto jeweils darin gefahren war (wie lange es also nicht sichtbar gewesen ist). Umso weiter nach rechts der Mauszeiger verschoben wurde, umso länger wurde dieses zeitliche Intervall beurteilt.

**Versuchsablauf.** Der grundsätzliche Ablauf von Experiment 1.3. entsprach jenem der zwei vorangehenden Experimente. Die Hauptschwierigkeit bestand nun aber darin den Probanden verständlich zu machen, dass die Skala einen rein subjektiven Charakter habe. Im Rahmen von Raumurteilen war „lediglich“ eine analoge Übertragung des wahrgenommenen räumlichen Abstandes auf der ebenso räumlich definierten Skala nötig. Faktisch konnte der erste Stimulus als Nullpunkt der Skala verstanden werden, so dass der Zeiger der Computermaus an jene Stelle verschoben werden musste, an dem der zweite Stimulus eines Trials gesehen wurde (notabene, nach der teils notwendigen mentalen Rotation). Im Falle des Kappa-Effekts galt es hingegen einen Transfer zwischen zwei Modalitäten zu machen; namentlich vom wahrgenommenen, abstrakten zeitlichen Intervall, hin zur konkreten, räumlich definierten Skala. Konnten bei Raumurteilen zehn Millimeter der Darbietung auch auf der Skala mit zehn Millimetern quantifiziert werden, war dies nun also nicht mehr möglich. Ein beliebiger Punkt der Skala entsprach bei den hier geforderten zeitlichen Urteilen nicht mehr einem bestimmten zeitlichen Referenzmass (sei es eine Sekunde, zwei Stunden oder drei Tage), sondern war vom Probanden einer subjektiven zeitlichen Extension zuzuordnen.

Damit die Versuchspersonen ein Gefühl für dieses Antwortformat bekommen konnten, wurde ihnen bezüglich Probetrials kein Limit gesetzt. Trotz anfänglichen Schwierigkeiten benötigte aber keine Versuchsperson nach den üblichen 20 Testtrials weitere Probeläufe. Auch hier blieb der Versuchsleitende während dem ersten Block von 18 Experimentalt trials im Raum um sicherzustellen, dass alles funktionierte. Während den restlichen 20 bis 30 Minuten arbeitete die Versuchsperson alleine nach ihrem Tempo, wobei sie aber gefilmt wurde. Der präzise Versuchsablauf wurde in Kapitel 3.4. geschildert.

#### **4.7.2. Resultate**

Die sechs Tabellen mit den Resultaten von Experiment 1.3. zeigen, dass vor allem im Rahmen der Bedingung ohne Bewegungsinduzierung und ohne Ton (Bedingung 1) Resultate auftreten, die auf einen Kappa-Effekt hindeuten (Tabellen 45 bis 50). Die restlichen Bedingungen (Bedingung 2 bis Bedingung 4) zeigen hingegen, mit jeweils einer



Ausnahme, vor allem nicht interpretierbare Graphen oder Graphen mit drei sich überlappenden Vektoren, die gegen einen Effekt sprechen. Wenn auch die statistischen Kennwerte aller Bedingungen nie für einen reinen Effekt sprechen, finden sich in folgenden sechs Kombinationen interessante Resultate. Hierunter werden drei Kombinationen als ‚nicht eindeutig‘ kategorisiert. Entweder weil die graphischen Muster für einen Effekt sprechen, die Statistik aber neben den signifikanten Haupteffekten Zeit und der nicht signifikanten Interaktion kein signifikanter Haupteffekt Raum aufweist oder umgekehrt, weil zwar die statistischen Kennwerte die Kriterien eines Effekts erfüllen, die Graphik aber nicht perfekt aufsteigende, parallele und lineare Muster aufweist.

Beim ersten Fall handelt es sich um Kombination 2 (vertikale Ausrichtung mit Darbietungsbeginn oben links) von Bedingung 1; nicht signifikanter Haupteffekt Raum,  $F(2, 8) = 3.701$ ,  $p = .073$ , signifikanter Haupteffekt Zeit,  $F(2, 8) = 5.519$ ,  $p < .05$  und nicht signifikante Interaktion,  $F(4, 16) = 0.233$ ,  $p = .916$  (Abbildung 55). Der zweite Fall ist Kombination 1 (horizontale Ausrichtung mit Darbietungsbeginn oben links) von Bedingung 3; nicht signifikanter Haupteffekt Raum,  $F(2, 8) = 1.083$ ,  $p = .384$ , signifikanter Haupteffekt Zeit,  $F(2, 8) = 5.685$ ,  $p < .05$  und nicht signifikante Interaktion,  $F(4, 16) = 0.124$ ,  $p = .972$  (Abbildung 56). Zeigt die Graphik zu Kombination 2 von Bedingung 1 noch eine Überschneidung auf der Ebene des längsten zeitlichen Intervalls, (Abbildung 55) weist Kombination 1 von Bedingung 3 ein perfektes, parallel aufsteigendes und dadurch effektkonformes Vektorenmuster auf (Abbildung 56).

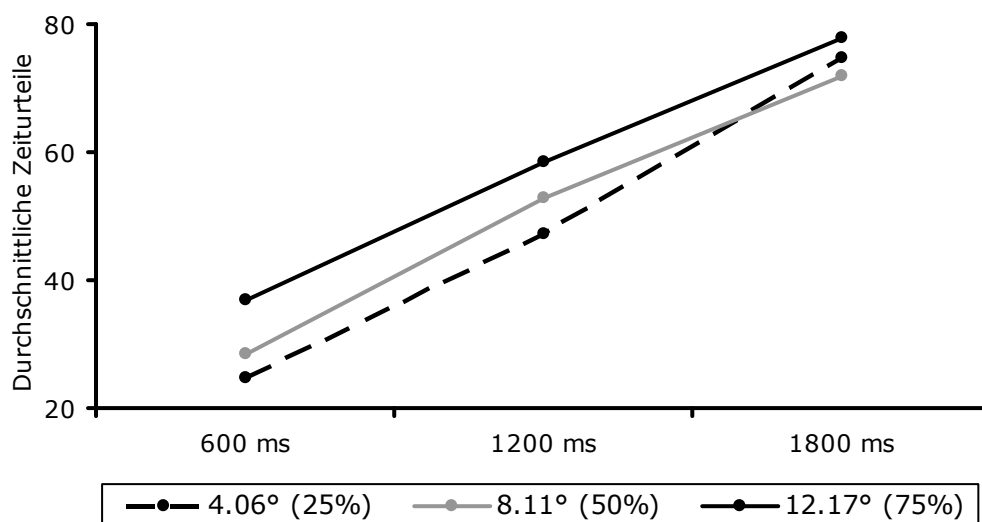


Abbildung 55. Resultat von Experiment 1.3., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Bedingung 1 (keine Bewegungsinduzierung: zwei Farben, kein Ton), Beginn oben links/vertikale Ausrichtung (Kombination 2).

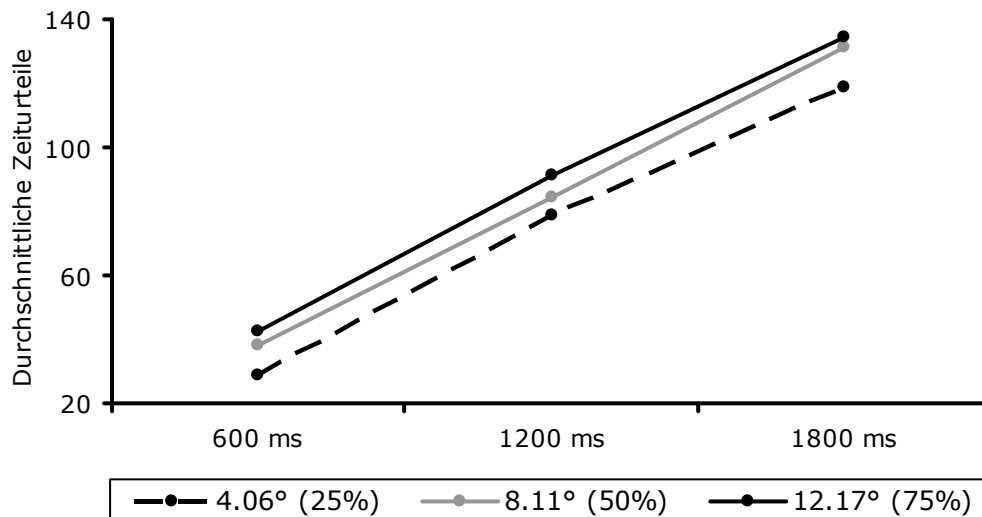


Abbildung 56. Resultat von Experiment 1.3., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Bedingung 3 (Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, kein Ton), Beginn oben links/horizontale Ausrichtung (Kombination 1).

Der dritte interessante Fall tritt in Kombination 4 (horizontale Ausrichtung mit Darbietungsbeginn oben links) von Bedingung 4 auf. Hier erweisen sich die statistischen Kennwerte zwar als effektkonform; signifikanter Haupteffekt Raum,  $F(2, 8) = 7.172$ ,  $p < .05$ , signifikanter Haupteffekt Zeit,  $F(2, 8) = 15.009$ ,  $p < .001$  und nicht signifikante Interaktion,  $F(4, 16) = 0.516$ ,  $p = .725$  (Abbildung 57). Die Graphik weist aber neben gewissen Abweichungen von deren Linearität auch eine Überlappung zweier Datenpunkte im Bereich des kürzesten zeitlichen Intervalls auf.

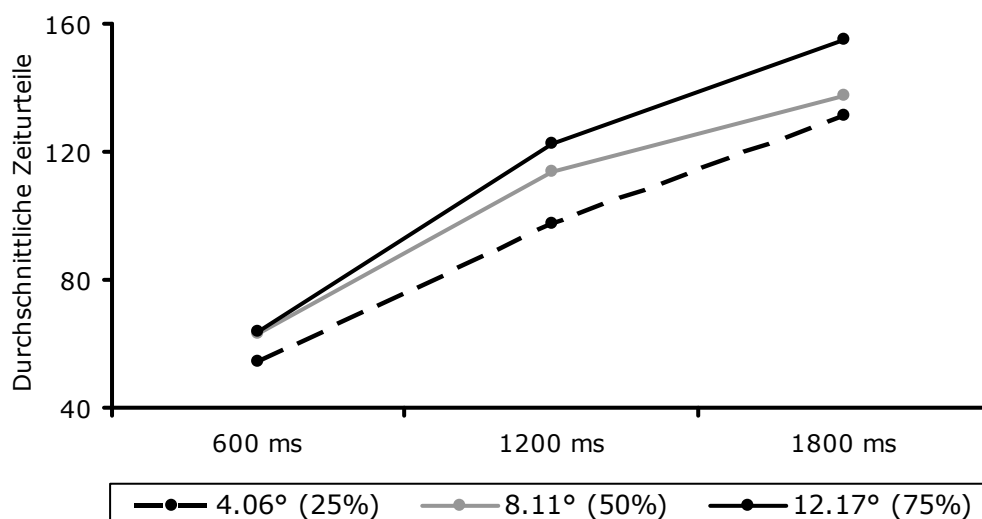


Abbildung 57. Resultat von Experiment 1.3., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Bedingung 4 (Bewegungsinduzierung: nur eine Farbe, ein Ton), Beginn unten links/horizontale Ausrichtung (Kombination 4).

In den drei letzten Fällen tritt ein Phänomen auf, das in Bezug auf die Einzelanalysen von Experiment 1.1. bereits diskutiert wurde, namentlich den ‚partiellen Effekt‘. So sind jeweils zwei Vektoren parallel aufsteigend und linear, deren Regelhaftigkeit wird aber jeweils durch den dritten Vektor gebrochen. Sowohl bei Kombination 5 und Kombination 6 von Bedingung 1 (Abbildung 58 und Abbildung 59), als auch bei Kombination 5 von Bedingung 2 (Abbildung 60) sprechen selbstverständlich auch die entsprechenden statistischen Kennwerte gegen einen Kappa-Effekt.

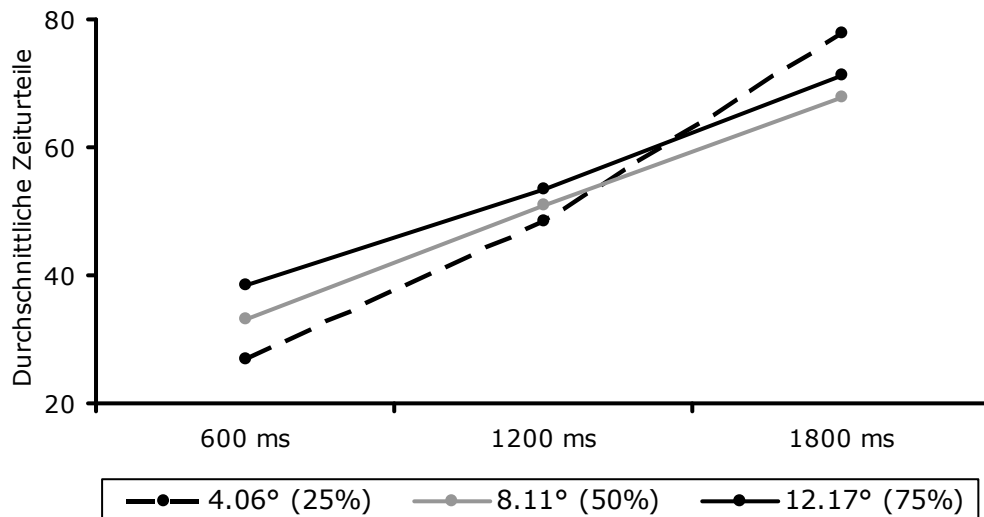


Abbildung 58. Resultat von Experiment 1.3., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Bedingung 1 (keine Bewegungsinduzierung: zwei Farben, kein Ton), Beginn unten links/vertikale Ausrichtung (Kombination 5).

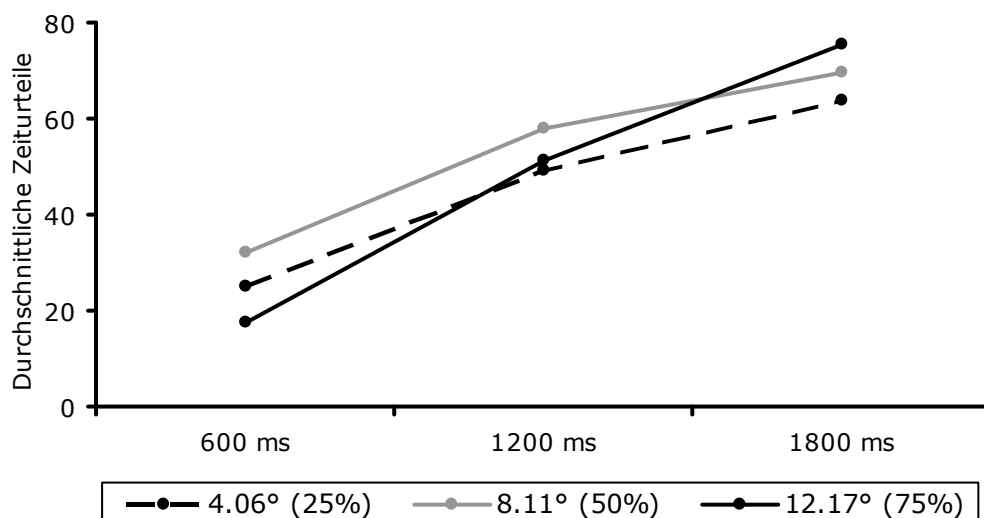


Abbildung 59. Resultat von Experiment 1.3., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Bedingung 1 (keine Bewegungsinduzierung: zwei Farben, kein Ton), Beginn unten links/diagonale Ausrichtung (Kombination 6).

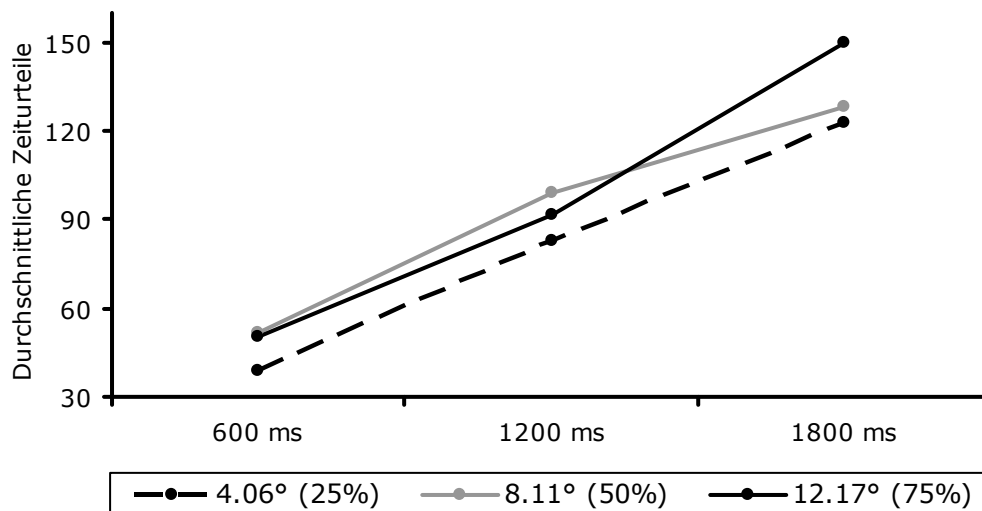


Abbildung 60. Resultat von Experiment 1.3., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Bedingung 2 (keine Bewegungsinduzierung: zwei Farben, zwei Töne), Beginn unten links/vertikale Ausrichtung (Kombination 5).

Wie in den sechs Resultattabellen einsehbar ist, wurden in den restlichen drei Bedingungen vor allem Graphen gefunden, die nicht interpretierbar sind, die also weder parallele noch überlappend aufsteigende Vektoren aufweisen (siehe exemplarisch Abbildung 61). Die nachfolgende Tabelle 44 fasst diese Resultate, unabhängig von der jeweiligen Kombination; für alle vier Bedingungen von Experiment 1.3. nochmals zusammen. Hierfür wurden drei Kategorien gebildet; (a) ‚nicht eindeutig‘ (entweder statistische Kennwerte oder Vektorenmuster nicht effektkonform), (b) ‚kein Kappa-Effekt‘ (überlappend aufsteigende und lineare Vektoren) und (c) ‚nicht interpretierbar‘.

Tabelle 44

Übersicht der Resultate von Experiment 1.3. sortiert nach Bedingung (Definitionen zu den Kategorien siehe oben). Für diese Auflistung wurden nur die Graphen berücksichtigt.

Kategorie	Bedingung				
	1	2	3	4	alle
(a) nicht eindeutig	1	-	1	1	3
(b) kein Kappa-Effekt	-	2	1	1	4
(c) nicht interpretierbar	5	4	4	4	17

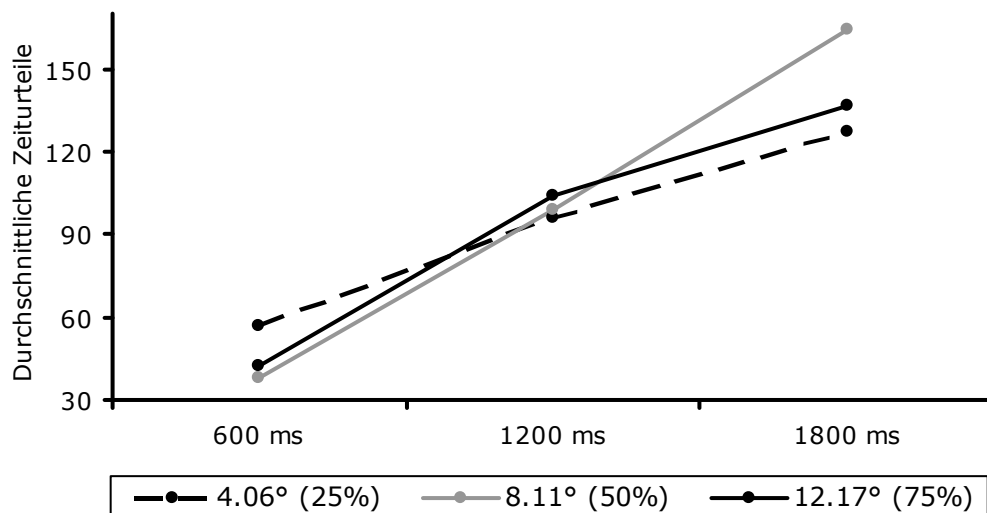


Abbildung 61. Beispiel nicht interpretierbarer Resultate von Experiment 1.3., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Bedingung 1 (keine Bewegungsinduzierung: zwei Farben, kein Ton), Beginn links oben/horizontale Ausrichtung (Komb. 1).

Tabelle 45

Resultate von Experiment 1.3., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Erwachsene, Kombination 1 (Darbietungsbeginn in der oberen linken Ecke, horizontale Ausrichtung), ohne Ansage

Bedingung	1	2	3	4
Farbe	zwei Farben	zwei Farben	eine Farbe	eine Farbe
Ton	kein Ton	zwei Töne	kein Ton	langer Ton
HE Raum	$F(2, 8) = 0.631$ , $p = .557$	$F(2, 8) = 0.253$ , $p = .783$	$F(2, 8) = 1.083$ , $p = .384$	$F(2, 8) = 2.505$ , $p = .143$
HE Zeit	$F(2, 8) = 5.777$ , $p < .05$	$F(2, 8) = 15.541$ , $p < .05$	$F(2, 8) = 5.685$ , $p < .05$	$F(2, 8) = 16.588$ , $p > .001$
Interakt.	$F(4, 16) = 1.754$ , $p = .187$	$F(4, 16) = 7.622$ , $p < .001$	$F(4, 16) = 0.124$ , $p = .972$	$F(4, 16) = 1.677$ , $p = .204$
Pearson	$r = .827$	$r = .712$	$r = .636$	$r = .683$
Graphik	---	---	nicht eindeutig *	---
Effekt	Kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	nicht-eindeutig *	kein Kappa-Effekt

Tabelle 46

Resultate von Experiment 1.3., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Erwachsene, Kombination 2 (Darbietungsbeginn in der oberen linken Ecke, vertikale Ausrichtung), ohne Ansage

Bedingung	1	2	3	4
Farbe	zwei Farben	zwei Farben	eine Farbe	eine Farbe
Ton	kein Ton	zwei Töne	kein Ton	langer Ton
HE Raum	$F(2, 8) = 3.701$ , $p = .073$	$F(2, 8) = 0.348$ , $p = .717$	$F(2, 8) = 11.379$ , $p < .05$	$F(2, 8) = 0.378$ , $p = .697$
HE Zeit	$F(2, 8) = 5.519$ , $p < .05$	$F(2, 8) = 13.028$ , $p < .05$	$F(2, 8) = 6.781$ , $p < .05$	$F(2, 8) = 28.594$ , $p < .001$
Interakt.	$F(4, 16) = 0.233$ , $p = .916$	$F(4, 16) = 0.665$ , $p = .626$	$F(4, 16) = 1.176$ , $p = .359$	$F(4, 16) = 1.216$ , $p = .343$
Pearson	$r = .789$	$r = .655$	$r = .844$	$r = .697$
Graphik	nicht eindeutig *	überlappend aufsteigend	---	---
Effekt	nicht eindeutig*	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

Tabelle 47

Resultate von Experiment 1.3., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Erwachsene, Kombination 3 (Darbietungsbeginn in der oberen linken Ecke, diagonale Ausrichtung), ohne Ansage

Bedingung	1	2	3	4
Farbe	zwei Farben	zwei Farben	eine Farbe	eine Farbe
Ton	kein Ton	zwei Töne	kein Ton	langer Ton
HE Raum	$F(2, 8) = 1.958$ , $p = .203$	$F(2, 8) = 0.735$ , $p = .509$	$F(2, 8) = 1.158$ , $p = .362$	$F(2, 8) = 0.066$ , $p = .936$
HE Zeit	$F(2, 8) = 4.341$ , $p = .053$	$F(2, 8) = 2.213$ , $p < .05$	$F(2, 8) = 8.641$ , $p < .05$	$F(2, 8) = 16.873$ , $p < .001$
Interakt.	$F(4, 16) = 2.495$ , $p = .084$	$F(4, 16) = 1.123$ , $p = .380$	$F(4, 16) = 1.132$ , $p = .377$	$F(4, 16) = 0.778$ , $p = .555$
Pearson	$r = .801$	$r = .729$	$r = .795$	$r = .617$
Graphik	---	---	---	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

Tabelle 48

Resultate von Experiment 1.3., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Erwachsene, Kombination 4 (Darbietungsbeginn in der unteren linken Ecke, horizontale Ausrichtung), ohne Ansage

Bedingung	1	2	3	4
Farbe	zwei Farben	zwei Farben	eine Farbe	eine Farbe
Ton	kein Ton	zwei Töne	kein Ton	langer Ton
HE Raum	$F(2, 8) = 2.655,$ $p = .131$	$F(2, 8) = 1.768,$ $p = .231$	$F(2, 8) = 1.210,$ $p = .347$	$F(2, 8) = 7.172,$ $p < .05$
HE Zeit	$F(2, 8) = 6.529,$ $p < .05$	$F(2, 8) = 13.657,$ $p < .05$	$F(2, 8) = 6.756,$ $p < .05$	$F(2, 8) = 15.009,$ $p < .001$
Interakt.	$F(4, 16) = 2.902,$ $p = .056$	$F(4, 16) = 1.065,$ $p = .406$	$F(4, 16) = 1.375,$ $p = .287$	$F(4, 16) = 0.516,$ $p = .725$
Pearson	$r = .830$	$r = .686$	$r = .673$	$r = .550$
Graphik	---	---	überlappend aufsteigend	nicht eindeutig *
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	nicht eindeutig *

Tabelle 49

Resultate von Experiment 1.3., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Erwachsene, Kombination 5 (Darbietungsbeginn in der unteren linken Ecke, vertikale Ausrichtung), ohne Ansage

Bedingung	1	2	3	4
Farbe	zwei Farben	zwei Farben	eine Farbe	eine Farbe
Ton	kein Ton	zwei Töne	kein Ton	langer Ton
HE Raum	$F(2, 8) = 0.255,$ $p = .781$	$F(2, 8) = 2.697,$ $p = .127$	$F(2, 8) = 0.943,$ $p = .429$	$F(2, 8) = 0.822,$ $p = .474$
HE Zeit	$F(2, 8) = 4.849,$ $p < .05$	$F(2, 8) = 9.234,$ $p < .05$	$F(2, 8) = 5.455,$ $p < .05$	$F(2, 8) = 12.546,$ $p < .05$
Interakt.	$F(4, 16) = 1.488,$ $p = .252$	$F(4, 16) = 1.067,$ $p = .405$	$F(4, 16) = 3.096,$ $p < .05$	$F(4, 16) = 0.659,$ $p = .629$
Pearson	$r = .766$	$r = .630$	$r = .726$	$r = .607$
Graphik	--- *	--- *	---	---
Effekt	kein Kappa-Effekt *	kein Kappa-Effekt *	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

Tabelle 50

*Resultate von Experiment 1.3., Versuchsreihe A, Kappa-Effekt, Erwachsene, Kombination 6 (Darbietungsbeginn in der unteren linken Ecke, diagonale Ausrichtung), ohne Ansage*

Bedingung	1	2	3	4
Farbe	zwei Farben	zwei Farben	eine Farbe	eine Farbe
Ton	kein Ton	zwei Töne	kein Ton	langer Ton
HE Raum	$F(2, 8) = 0.675$ , $p = .536$	$F(2, 8) = 0.219$ , $p = .808$	$F(2, 8) = 0.490$ , $p = .630$	$F(2, 8) = 7.088$ , $p < .05$
HE Zeit	$F(2, 8) = 6.785$ , $p < .05$	$F(2, 8) = 18.929$ , $p < .001$	$F(2, 8) = 9.879$ , $p < .05$	$F(2, 8) = 11.486$ , $p < .05$
Interakt.	$F(4, 16) = 1.309$ , $p = .309$	$F(4, 16) = 3.841$ , $p < .05$	$F(4, 16) = 1.251$ , $p = .329$	$F(4, 16) = 0.947$ , $p = .462$
Pearson	$r = .817$	$r = .732$	$r = .733$	$r = .668$
Graphik	--- *	überlappend aufsteigend	---	---
Effekt	kein Kappa-Effekt *	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

#### 4.7.3. Diskussion

Die Resultate von Versuch 1.3. unterstreichen nochmals die Resultate von Vorversuch 1.2., die wiederum mit einer Studie von Casasanto und Boroditsky (2008) verglichen wurden. Wie in den beiden eigenen Versuchen (Vorversuch 1.2. und Versuch 1.3.) haben die genannten Autoren zeigen können, dass die Einschätzung eines zeitlichen Intervalls auch dann von der räumlichen Information beeinflusst wird, wenn man diese aufgrund des dargebotenen Tones faktisch ganz ausser Acht lassen könnte. Ebenso zeigt sich im Rahmen von Kappa-Aufgaben, dass nur dann ein Effekt oder eine Tendenz in Richtung eines Effekts beobachtet werden kann, wenn die Toninformation ganz ausbleibt. In diesem Punkt wird auf die Diskussion rund um die Befunde von Algom und Cohen-Ruz (1984, 1987) zu Experiment 1.2. verwiesen. Zusätzlich geben die Resultate Anlass zu folgender methodischen Kritik.

Bei Raumurteilen (Experiment 1.1. und Experiment 1.2.) waren die Probanden in nur zwei Antwortkategorien einteilbar. Entweder sie liessen sich nicht von der Zeitinformation beeinflussen und achteten nur auf die räumliche Distanz (was zu linear aufsteigenden und sich überlappenden Vektoren führte) oder sie zeigten Antworten, die einem Effekt zumindest nahe kamen (was sich wiederum in Form von linear aufsteigenden und



parallelen Vektoren äusserte). Beim eben vorgestellten Kappa-Experiment tauchte hingegen nicht nur eine dritte Kategorie auf, sondern diese stellte auch eine klare Mehrheit dar. Ähnlich wie in den Vorversuchen antworten die Versuchspersonen auf eine Weise, die kaum Spielraum für Interpretationen lässt. Die Graphen zeigen weder überlappende noch parallel aufsteigende Vektoren, sondern liefern ein konfuse Bild. Dass es sich um eine abgeschwächte Form von Non-Interpretierbarkeit handelt, wird nicht zuletzt durch die akzeptablen Korrelationsmasse unterstrichen. Wiesen die Vorversuche noch Werte rund um  $r = .02$  auf, sind es in Experiment 1.3. Korrelationsmasse zwischen  $r = .06$  und  $r = .08$ .

Betrachtet man die eigenen Resultate etwas genauer, indem auch die Einzelanalysen hinzugezogen werden, findet man klare Tendenzen hin zu effektgeprägten oder hin zu effektfreien Antworten (da der Informationsgewinn der Einzelanalysen trotzdem gering ist, wurde auf eine genaue Darstellung dieser Resultate verzichtet; hierfür wird exemplarisch auf Experiment 1.1. verwiesen). Das Prädikat ‚nicht interpretierbar‘ ist in diesem Sinne zu relativieren und könnte folgendes methodische Artefakt als Ursprung haben:

Wir erinnern uns, dass in der Einführung zum Kappa-Experiment berichtet wurde, dass die Probanden Schwierigkeiten hatten, ein Verständnis für das verlangte Antwortformat zu erlangen. Dies lässt, zusammen mit den oben berichteten Beobachtungen, vermuten, dass es mehr Trials gebraucht hätte bis sich das individuelle Antwortmuster der einzelnen Versuchspersonen herauskristallisiert hätte. Die Versuchspersonen gaben zwar nach 20 Probetrials ausnahmslos an, bereit für das eigentliche Experiment zu sein, die Daten lassen aber Gegenteiliges vermuten. War der Gebrauch der Skala im Rahmen von Tau-Aufgaben noch intuitiv und faktisch analog, ist dies bei Kappa-Experimenten nicht mehr der Fall. Da pro Trial aber nur zwei Darbietungen stattfanden, bestand praktisch keine Möglichkeit allfällige Unklarheiten im Laufe des eigentlichen Experiments aufzulösen.

Ganz allgemein können allfällige Lerneffekte im Rahmen von Wahrnehmungspsychologischen Fragestellungen von besonderem Interesse sein. Dieses Interesse wird durch die eben dargestellten Vermutungen zusätzlich genährt. In diesem Sinne wird an dieser Stelle auf Experiment 1.4. verwiesen, das die Erforschung der Auswirkung wiederholter Testung im Rahmen von Tau- und von Kappa-Aufgaben zum Ziel hat.

#### **4.8. Experiment 1.4. (Lerneffekte):**

##### **Dreimalige Erhebung im Rahmen beider Effekte bei Erwachsenen**

In Anlehnung an Collyer (1977) wurden verschiedene Bedingungen im Rahmen des Tau- und des Kappa-Effekts an verschiedenen Tagen untersucht. Während der genannte Autor die Datenpunkte pro Versuchsperson aber schlussendlich kumulieren wollte und deshalb die riesige Datenmenge nicht nur an einem Tag erfassen konnte, war das Ziel von Experiment 1.4. die Ermittlung von allfälligen Lerneffekten. Hiermit soll Bezug auf die Fragen genommen werden, die im Rahmen der Diskussion zu Experiment 1.3. entstanden sind.

##### **4.8.1. Methode**

Die Stimuli und die dazugehörige Instruktion sowie die Versuchsanordnung und der Versuchsablauf von Experiment 1.4. entsprechen den bisher angewendeten Versuchsparametern. Ohne vorangehende Sichtung der Daten wurden Versuchspersonen von Experiment 1.1., Experiment 1.2. und Experiment 1.3. zufällig ausgewählt und gefragt, ob sie an zwei weiteren Erhebungen teilnehmen wollen. Entlohnt wurden diese Probanden mit zusätzlichen Versuchspersonenstunden.

Hatte eine bestimmte Versuchsperson eine Aufgabe zum Kappa-Effekt gelöst, löste sie nach ihrer Einwilligung umgehend dieselbe Bedingung im Rahmen des Tau-Effekts (und umgekehrt). Die zweite Erhebung, wieder in derselben Aufgabenreihenfolge, folgte sieben Tage später. Hervorzuheben ist hierbei, dass nicht nur auf denselben Wochentag, sondern auch auf dieselbe Tageszeit Wert gelegt wurde. Die dritte und letzte Erhebung folgte wieder im selben Abstand von sieben Mal 24 Stunden.

Jede Person, die am ersten Testtag ihre Einwilligung zur mehrmaligen Testung gegeben hatte, erschien auch zu beiden nachfolgenden Terminen. Es war somit keine Nacherhebung nötig. Die Stichprobe bestand aus acht rechtshändigen Studentinnen ohne Einschränkung der Sehkraft; alle waren zwischen 22 und 24 Jahre alt. Die Testung fand immer im selben Raum statt und dauerte pro Erhebung etwa eine Stunde.

In Anlehnung an die bisherigen Experimente wurden Darbietungen mit und Darbietungen ohne Bewegungsinduzierung getestet (wobei jeweils die Bedingung mit zusätzlichem akustischem Signal zum Zuge kam). Die bewegungsinduzierungslose Bedingung enthielt keine Ansage (siehe Experiment 1.1.), die Bedingung mit Bewegungsinduzierung erfolgte

wiederum mit Ansage (siehe Experiment 1.2.). Daraus ergaben sich, zusammen mit den Reihenfolgen, die vier in Tabelle 53 dargestellten Möglichkeiten.

Tabelle 51

*Die vier Versuchsgruppen von Experiment 1.4., geordnet nach Reihenfolge der getesteten Effekte und der getesteten Bedingung*

Versuchs-Gruppe	Probandin	Versuchs-reihenfolge	Bedingung
A	1	Kappa/Tau	keine Bewegungsinduzierung: zwei Farben/zwei Töne/keine Ansage
	2		
B	3	Tau/Kappa	
	4		
C	5	Kappa/Tau *	mit Bewegungsinduzierung: eine Farbe/ein Ton/mit Ansage
	6		
D	7	Tau/Kappa *	
	8		
<b>Anmerkung:</b> Die zwei mit einem Asteriskus (*) hervorgehobenen Bedingungen werden im Resultatenteil näher analysiert.			

#### 4.8.2. Resultate

Vorwegzunehmen ist, dass nur die Resultate von je einer Probandin von Gruppe C und Gruppe D Regelmässigkeiten aufweisen, deren Analyse gewinnbringend ist. Die sechs restlichen Probandinnen weisen innerhalb jeder Kombination ihrer jeweiligen Bedingung und in allen drei Erhebungen unregelmässige Datenmuster auf. Auf eine Auflistung dieser statistischen Kennwerte wird deshalb verzichtet. Im Wissen, dass nur zwei Versuchspersonen pro Bedingung nicht aussagekräftig sind, sollen die zwei interpretierbaren Resultatserien trotzdem kurz dargestellt werden.

Eine der zwei Probandinnen von Gruppe D zeigt im Rahmen des Kappa-Experiments einen Lerneffekt. Namentlich ergab die erste Erhebung noch uninterpretierbare Resultate, die sich aber im Zuge der nächsten zwei Erhebungen zu mehr oder weniger effektfreien Urteilen ausnivellierten. Eine der zwei Probandinnen von Gruppe C zeigt hingegen in allen drei Erhebungen einen konstanten Tau-Effekt.

Tabelle 52 gibt die entsprechenden statistischen Kennwerte exemplarisch für die horizontale Ausrichtung wieder, weil diese die deutlichsten Resultate zeigt; im oberen Teil sind die statistischen Kennwerte des Kappa-Experiments (Versuchsperson 5 von Versuchsgruppe C) und im unteren Teil die statistischen Kennwerte des Tau-Experiments

(Versuchsperson 7 von Versuchsgruppe D) verzeichnet. Nach Hirsig (2000a, 2000b) kann bei Einzelanalysen bereits ab einem Niveau von  $< .1$  von Signifikanz gesprochen werden; siehe auch Kun, Parson und Ruble (1974) für ein Einzelanalysebeispiel im Rahmen des Funktionalen Messens. Demzufolge zeigen sich im Rahmen des Tau-Experiments nicht nur bezüglich graphischer Muster, sondern auch bezüglich statistischer Kennwerte deutliche Effekte (bei allen drei Erhebungen treten signifikante Haupteffekte und nicht signifikante Interaktionen auf). Dies ist hingegen im Rahmen des Kappa-Experiments nicht der Fall. Hier deuten die statistischen Kennwerte zusammen mit den graphischen Mustern bei der ersten Erhebung auf keinerlei Regelmäßigkeit hin. In der zweiten und dritten Erhebung zeigt sich hingegen kein Effekt, wie aufgrund des signifikanten Haupteffektes Zeit, des nicht signifikanten Haupteffektes Raum (bei gleichzeitig nicht signifikanter Interaktion) und der sich überlappenden Vektoren belegt werden kann.

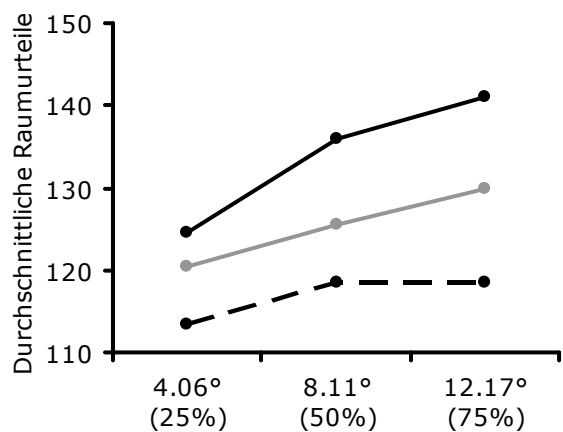
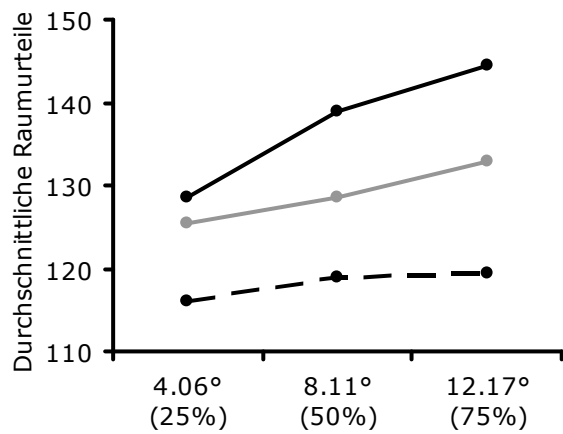
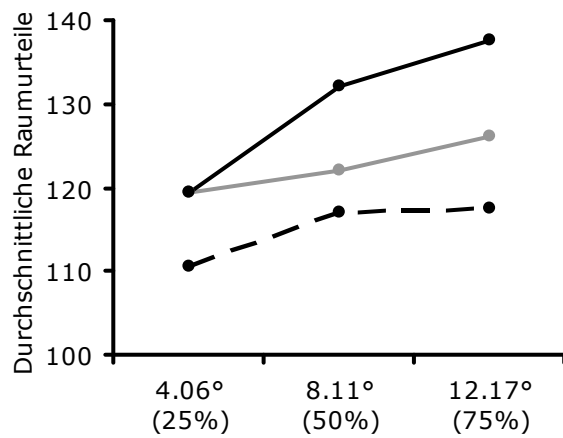
Tabelle 52

*Einzelanalyse der zwei Versuchspersonen mit interpretierbaren Resultaten in Experiment 1.4. von Versuchsreihe A*

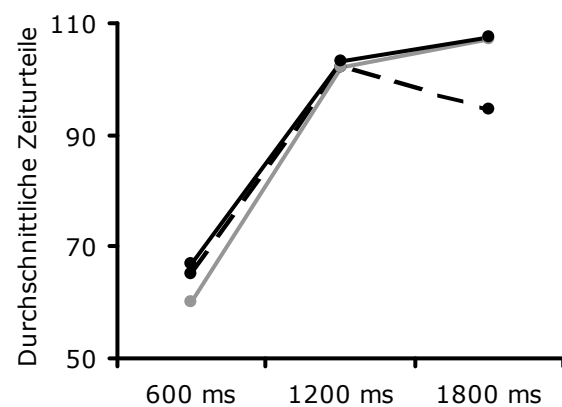
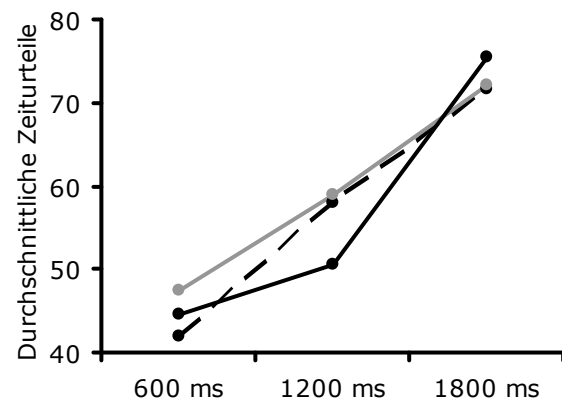
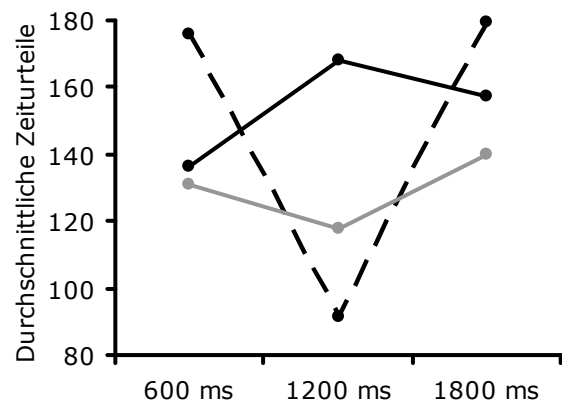
		1. Erhebung	2. Erhebung	3. Erhebung
5 (C) ; Tau-Effekt	HE Raum	$F(2, 9) = 7.145,$ $p < .05$	$F(2, 9) = 11.215,$ $p < .05$	$F(2, 9) = 9.539,$ $p < .05$
	HE Zeit	$F(2, 9) = 3.824,$ $p < .1$	$F(2, 9) = 3.608,$ $p < .1$	$F(2, 9) = 3.700,$ $p < .1$
	Interakt.	$F(2, 9) = 0.547,$ $p = .706$	$F(4, 9) = 0.428,$ $p = .785$	$F(4, 9) = 0.405,$ $p = .801$
	Effekt	Tau-Effekt	Tau-Effekt	Tau-Effekt
7 (D) ; Kappa-Effekt	HE Raum	$F(2, 9) = 1.359,$ $p = .305$	$F(2, 9) = 0.054,$ $p = .948$	$F(2, 9) = 0.529,$ $p = .607$
	HE Zeit	$F(2, 9) = 2.335,$ $p = .152$	$F(2, 9) = 5.187,$ $p < .05$	$F(2, 9) = 37.026,$ $p < .05$
	Interakt.	$F(2, 9) = 2.710,$ $p < .1$	$F(4, 9) = 0.117,$ $p = .973$	$F(4, 9) = 0.572,$ $p = .690$
	Effekt	unregelmässiges Datenmuster	kein Effekt (Vektoren überlappend)	kein Effekt (Vektoren überlappend)

**Anmerkung:** Die Nummerierungen der Versuchspersonen (und deren Gruppe) beziehen sich auf die Nummerierung, die bereits in Tabelle 51 verwendete wurde.

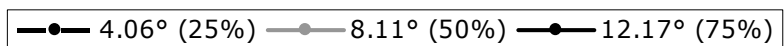
### Tau-Experiment, Versuchsgruppe C



### Kappa-Experiment, Versuchsgruppe D



Legende linke Spalte:



Legende rechte Spalte:

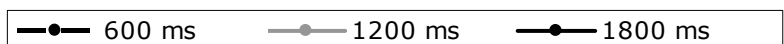


Abbildung 62. Ausgewählte Resultate von Experiment 1.4. (Versuchsreihe A). Die linke Seite gibt die Graphen des Tau-Experiments wieder, während die rechte Seite jene des

Kappa-Experiments zeigt. In der obersten Zeile sind die Resultate der jeweils ersten, in der untersten Zeile die Resultate der jeweils letzten von drei Erhebungen dargestellt.

#### **4.8.3. Diskussion**

Collyer (1977) hat seine Experimente, wie es auch hier gemacht wurde, auf Einzelanalysen basiert. Statt aber die Daten der einzelnen Erhebungen zu vergleichen, hat er alle Daten zusammengetragen. Pro Erhebung fanden in seinem Experiment vier Durchgänge mit jeweils 100 Trials statt, wobei die Versuchspersonen an bis zu 13 Erhebungen teilnahmen; insgesamt ergibt dies 5200 Trials, respektiv etwa 600 Trials pro Stimulus (Collyer verwendete, wie im eigenen Experiment, ein Design bestehend aus  $3 \times 3$  – Faktoren). Es ist demzufolge anzunehmen, dass sich die regelmässigen graphischen Muster (Abbildung 34) ergeben, weil sich aufgrund dieser Datenfülle jegliche Varianz ausmittelt.

Bei nur einer Messwiederholung, wie es im eigenen Experiment 1.4. der Fall war, darf dies wohl nicht in derselben Deutlichkeit erwartet werden. Umso erstaunlicher, dass trotzdem ein Tau-Effekt gefunden wurde, der wiederum die Befunde von Experiment 1.2 bestätigt. Zudem zeigt die Bedingung mit Ansage, also die Bedingung mit der deutlichsten Bewegungsinduzierung, auch im Rahmen des Kappa-Effekts ein interpretierbares Resultat. So stützen die Resultate zum hier durchgeführten Kappa-Experiment interessanterweise die Vermutung, die in der Diskussion zu Experiment 1.4. geäussert wurde. Namentlich das bei Zeiturteilen mehr Trials als bei Raumurteilen nötig sind, bis sich eine klare Tendenz (zugunsten oder entgegen eines Effekts) herauskristallisiert. Dieser Schluss scheint auch durch die Stabilität des Tau-Effekts über drei Erhebungen hinweg gestützt zu werden. Hier führt die analoge, weil ebenfalls räumliche, Antwortskala ab der ersten Erhebung zu einem interpretierbaren Resultat.

Wie gesagt hatte aber dieser Versuch einen rein explorativen Charakter und darf aufgrund der kleinen Stichprobe pro Bedingung keinesfalls überinterpretiert werden. Schliesslich ist nicht von der Hand zu weisen, dass bei den restlichen sechs Probandinnen durchgehend uninterpretierbare Daten gefunden wurden. Um also zu überprüfen, ob beispielsweise die Reihenfolge der Effekttestung einen Einfluss ausübt und wie lange respektiv in welcher Form dieser Einfluss über die Zeit erhalten bleibt, ist neben der grösseren Stichprobe ein verlässlicheres Antwortformat nötig. Dieses soll mittels Versuchsreihe B und Versuchsreihe C gefunden werden.

#### 4.9. Fazit von Versuchsreihe A

Anhand der digitalen Antwortskala wurden insgesamt 220 Versuchspersonen zu beiden Effekten untersucht. Acht dieser Versuchspersonen nahmen zudem an insgesamt drei Testungen im Abstand von je einer Woche teil. Die folgende Zusammenfassung beschränkt sich auf die Experimente 1.1. bis 1.4.; die Vorversuche wurden bereits zusammengefasst und aus methodischer Perspektive eingehend diskutiert.

Die 60 Versuchspersonen von Experiment 1.1. wurden sowohl hinsichtlich Gruppenresultaten als auch hinsichtlich Einzelresultaten analysiert. Die klassische varianzanalytische Auswertung fand in keiner der sechs Bedingungen einen Tau-Effekt. Der ‚partielle Effekt‘, der in einem Viertel der Fälle der Einzelanalysen auftauchte, überzeugt zudem wenig und taugt sicherlich nicht für eine aussagekräftige Differenzierung zwischen den verschiedenen Graden an Bewegungsinduzierungen. Dieser Punkt wurde im Lichte der *imputed motion hypothesis* (Anderson, 1976; Cohen et al., 1955; Collyer, 1977; Jones & Huang, 1982, Price-Williams, 1954) diskutiert. Der Vergleich der absoluten Werte zeigte hingegen eine klare Tendenz. So rufen Stimuli ohne akustische oder ohne visuelle Bewegungsinduzierung die kleinsten Urteile hervor, während vermeintlich bewegte Stimuli höhere absolute Raumurteile evozieren. Dass dieser Befund auch einer statistischen Überprüfung standhält, lässt vermuten, dass die einzelnen Bedingungen tatsächlich differenzieren können und somit die Wahrnehmung von Bewegung eine tragende Rolle spielt (obwohl keine reinen Tau-Effekte gefunden werden konnten). Ob also die Annahme stimmt, dass zunehmende Geschwindigkeit (sprich, der ansteigende Ton von Bedingung 5) die Raumurteile verlängert, während abnehmende Geschwindigkeit (sprich, der abfallende Ton von Bedingung 6) die Raumurteile hingegen verkürzt, kann weder bestätigt noch verworfen werden. Diese Befunde wurden mit Bezugnahme auf die Studie von Henry und McAuley (2009) näher analysiert und diskutiert.

Das Hauptproblem von Versuchsreihe A soll im Lichte von Experiment 1.1. bereits an dieser Stelle des Fazits angesprochen werden. In der Einleitung wurde die Befürchtung geäußert, dass die Urteilsabgabe mittels Computermouse, trotz der vermeintlich grossen Effizienz, auch Risiken bergen könnte. Namentlich besteht aufgrund der Schnittstelle zwischen dem urteilenden Menschen und dem eigentlichen Urteil auf der digitalen Skala eine grosse Verzerrungsgefahr. Die teils unzureichende Präzision von Instrumenten wie einer Computermouse oder einem Handsteuergeber wurde anhand verschiedener Studien erörtert (vgl., Huysmans et al., 2006; Laursen et al., 2001). Dass diese Befürchtungen berechtigt waren, zeigen auch die teils unbefriedigenden Resultate der restlichen Experimente von Versuchsreihe A.

So zeigt Experiment 1.2. in der tonlosen Bedingung zum Teil klare Tau-Effekte. Da aber nicht im Rahmen aller horizontal ausgerichteten Trials dieselben Resultate gefunden wurden, lassen die Befunde gewisse Zweifel aufkommen. Und anhand einer Studie von Algom und Cohen-Raz (1984) wurde die Vermutung geäußert, dass erhöhte Aufmerksamkeit, aufgrund der widersprüchlichen Signale, zu einer Ausnivellierung der Effekte geführt haben könnte. Denn auch eine primäre und quasi ganzheitliche Wahrnehmung von Geschwindigkeit bedeutet nicht, dass diese Gesamtinformation nicht in ihre Einzelteile (ergo, der zurückgelegten Distanz in der gegebenen Zeit) zerlegt werden könne. Beim hier untersuchten Tau-Effekt könnte die Geschwindigkeitsinformation nur auf die wahrgenommene Distanz reduziert worden sein, wofür die visuelle Information ausreichen würde. Denkbar ist ein solch analytisches Vorgehen vor allem bei widersprüchlichen Signalen. Obwohl in der Bedingung ohne zusätzliche Darbietung eines Tones ein deutlicher Effekt aufgetreten ist, bleibt diese Annahme bei gegebener Datenlage aber rein spekulativ.

In der Diskussion zum Kappa-Experiment wurde zudem ein potentiell methodisches Artefakt angesprochen; namentlich die Anzahl nötiger Probetrials bei Zeiturteilen. Im Gegensatz zur analogen Raumurteilschala ist die Zeiturteilschala weniger intuitiv. Da nach den 20 Probetrials pro Experimentaltrial nur zwei Darbietungen stattfanden, bestand praktisch keine Möglichkeit allfällige Unsicherheiten im Laufe des eigentlichen Experiments aufzulösen. Womöglich würden mehr Trials oder eine wiederholte Testung klarere Befunde ergeben. Um diese Hypothese zu überprüfen, fanden in Experiment 1.4. drei Testungen derselben Bedingung im Abstand von genau einer Woche statt.

Vorauszuschicken ist hierbei, dass das letzte Experiment von Versuchsreihe A rein explorativer Zwecke diene. Die Stichprobe pro Bedingung beschränkte sich auf zwei Versuchspersonen und ist somit nicht aussagekräftig. Interessanterweise wird aber die eben formulierte These gestützt. Zeigt sich im Rahmen des Tau-Effekts ab der ersten Erhebung ein klares Resultat, braucht es beim Kappa-Effekt zwei vollständige Erhebungen, bis interpretierbare Datenmuster entstehen. In beiden Fällen handelte es sich um Bedingungen mit deutlicher Bewegungsinduzierung – vermeintlich unbewegte Darbietungen ergaben durchgehend uninterpretierbare Muster.

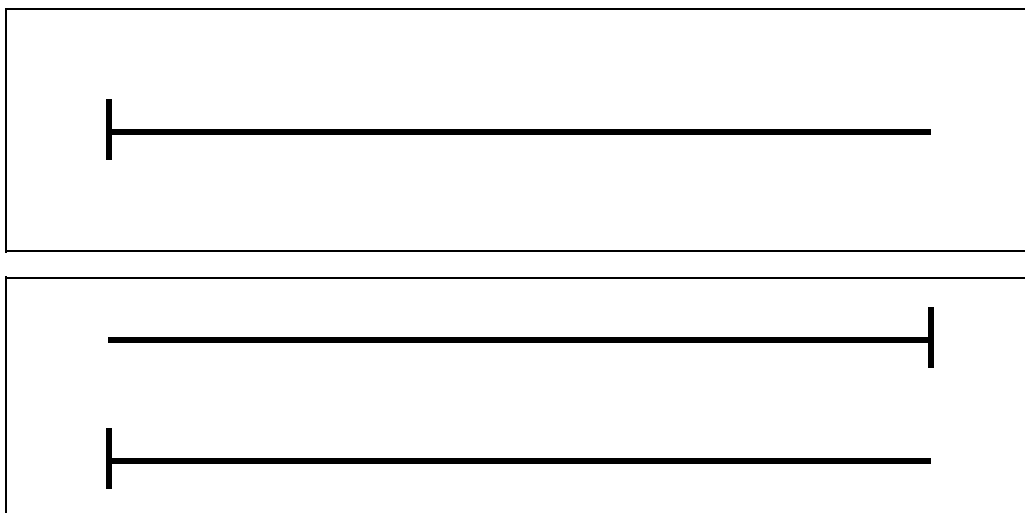
Gesamthaft muss aber trotzdem nochmals festgehalten werden, dass sich das verwendete Antwortformat vermutlich nicht eignet, um so feine Effekte zu untersuchen. Um auszuschliessen, dass es sich bei den eigenen Resultaten um methodische Artefakte handelt, werden in den nächsten zwei Versuchsreihen somit andere Antwortformate zur Anwendung kommen.





## 5. VERSUCHSREIHE B: ANTWORTSKALA AUF PAPIER

Versuchsreihe B hatte zum Ziel die methodischen Probleme von Versuchsreihe A zu lösen, indem anstelle der digitalen Skala auf dem Computerbildschirm, auf der die Urteile mittels Zeiger der Computermouse eingetragen werden konnten, ein direkteres Antwortformat zum Zuge kam. Namentlich hatten die Versuchspersonen einen Papierstapel vor sich, auf dessen Blätter Antwortskalen gedruckt waren. Analog zur digitalen Antwortskala, die die Urteile auf 250 Einheiten genau registrieren konnte, war auch diese gedruckte Antwortskala 250 Millimeter lang (für präzisere Erläuterungen siehe Kapitel 3.3.2.). Wie in den Vorversuchen wurde die rechte obere Bildschirmecke in bestimmten Experimenten dieser Versuchsreihe wieder als Startpunkt der Darbietung benutzt. Wir erinnern uns, dass die Probanden in den Vorversuchen aber jeweils nur eine Antwortskala zur Verfügung hatten, deren Nullpunkt sich unabhängig vom Darbietungsstartpunkt immer auf der linken Seite befand. Die Folge waren oft uninterpretierbare Resultate nicht nur bei den Kindern, sondern auch bei den Erwachsenen. Nun hatten die Probanden hingegen in entsprechenden Experimenten Papierblätter vor sich, auf denen zwei Skalen gedruckt waren. Startete die Darbietung rechts, sollte die obere Skala verwendet werden. Bei Beginn auf der linken Seite, war hingegen die untere Skala zu verwenden (Abbildung 64). Die Darbietungen anderer Experimente dieser Versuchsreihe begannen hingegen immer auf der linken Seite. In diesen Fällen war nur eine Skala abgedruckt (Abbildung 63). Die Erwachsenen sollten nach jeder Urteilsabgabe das eben benutzte Blatt beiseitelegen, so dass sie eine neue, leere Antwortskala vor sich hatten. Um die Aufmerksamkeit der Kinder nicht zu belasten, übernahm hingegen der Versuchsleitende diese Aufgabe für sie.



*Abbildungen 63/64. Stufenlose Urteilsskalen mit Nullpunkt auf der linken Seite oder mit Nullpunkt auf der rechten sowie der linken Seite.*

In verschiedenen Experimenten dieser Versuchsreihe wurden sowohl der Tau- als auch der Kappa-Effekt untersucht. Wir erinnern uns, dass die Vorversuche gezeigt haben, dass die jüngsten Probanden Schwierigkeiten hatten, die dort verwendeten Instruktionen zu verstehen. Wie in Versuchsreihe A kamen also auch in dieser Versuchsreihe die neuen Instruktionen zum Zuge: In vermeintlich unbewegten Bedingungen die Instruktion mit der Metapher der Fallschirmspringer bei Raumurteilen sowie der Metapher der Synchronturmspringer bei Zeiturteilen und in vermeintlich bewegten Bedingungen die Metapher des fahrenden Autos und des Tunnels.

Da die Vorversuche bei 6-jährigen Kindern nicht interpretierbare Resultate gezeigt haben, während bereits die 9-Jährigen zum grossen Teil Antworten lieferten, die jenen der Erwachsenen ähnelten, wurde hier einen Mittelweg gewählt, der die interessantesten Resultate zu liefern versprach. Untersucht wurden nun Kinder der 1. Schulklasse. Da die Untersuchung im Frühling stattfand, waren die meisten Kinder sieben Jahre alt, einige von ihnen aber bereits achtjährig. Und da die Vorversuche zudem gezeigt haben, dass Darbietungen mit akustischer Untermalung einen positiven Einfluss auf die Aufmerksamkeitsbindung haben, wurden bei Kindern nur Bedingungen mit Begleittönen getestet. Namentlich kamen Bedingung 2 (keine Bewegungsinduzierung; zwei verschiedene Stimulifarben und zwei verschiedene Begleittöne) und Bedingung 4 (Bewegungsinduzierung mittels gleicher Stimulifarbe und einem langgezogenen Ton) zur Anwendung. Aus Gründen der Einfachheit wird diese Nummerierung der Bedingungen beibehalten.

Tabelle 53

*Übersicht der vier Experimente von Versuchsreihe B (Antwortskala auf Papier)*

	Start- punkte	untersuchter Effekt	untersuchte Bedingungen	Alters- klassen
2.1.	- links oben - links unten	Kappa-Effekt (Zeiturteile)	Bedingung 2: ohne Bewegungsinduzierung (zwei Farben, zwei Töne)	Kinder und Erwachsene
2.2.	- links unten - rechts oben			
2.3.	- links oben - links unten	Tau-Effekt (Raumurteile)	Bedingung 4: mit Bewegungsinduzierung: (eine Farbe, ein Ton)	
2.4.	- links unten - rechts oben			

**Lesehinweis:** In allen vier Experimenten wurden, getrennt nach Effekten, Bedingung 2 und Bedingung 4 bei Erwachsenen und bei 7-jährigen Kindern untersucht.

Tabelle 53 liefert einen Überblick der vier Experimente von Versuchsreihe B. Die Tabelle ist geordnet nach untersuchtem Effekt, nach Darbietungsstartpunkten, nach Altersklasse und nach Bedingung. Bei den Experimenten 2.1. und 2.3. handelt es sich faktisch um eine Replizierung bestimmter Experimente von Versuchsreihe A, nun aber mit einem adäquateren Antwortformat. Experimente 2.2. und 2.4. bringen den Darbietungsbeginn auf der rechten Seite erneut ins Spiel. Neben der veränderten Antwortskala, sowohl im Sinne des Formates als auch bezüglich der Variabilität von deren Nullpunkt, fanden keine weiteren Veränderungen statt; für den genauen Versuchsablauf und das Timing der Stimuli wird somit für alle vier Experimente auf Kapitel 3.2. und Kapitel 3.3.2. verwiesen. Zudem werden die nun folgenden vier Experimente von Versuchsreihe B nicht einzeln, sondern am Schluss von Kapitel 5 gemeinsam diskutiert.

## **5.1. Experiment 2.1. (Kappa-Effekt im Entwicklungsverlauf): Zweifache Variation der Bewegungsinduzierung, fixer Skalennullpunkt**

### **5.1.1. Methode**

Bezüglich Versuchsparameter und Versuchsablauf entspricht Experiment 2.1. von Versuchsreihe B im Wesentlichen Experiment 1.3. von Versuchsreihe A. Da Zeiturteile erfragt wurden, wurde die Metapher der Synchronturnspringer verwendet (siehe auch Experiment 1.1. von Versuchsreihe A). Weitere Details zu diesem Experiment können auch der Einleitung zu Versuchsreihe B und den Kapiteln 3.2. und 3.3.2. entnommen werden.

Tabelle 54

*Altersangaben und Geschlechterverteilung in Experiment 2.1., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt im Entwicklungsverlauf, zweifache Variation der Bewegungsinduzierung, fixer Nullpunkt der Skala*

Altersklassen und Bedingung	Geschlechtervert. w/m (Gesamt)	Durchschnittsalter (yy;mm)	Altersbereich (yy;mm – yy;mm)
Kinder	2	5/5 (10)	7 ; 05 – 8 ; 02
	4	3/7 (10)	7 ; 04 – 8 ; 03
	8/12 (20)	7 ; 09	7 ; 04 – 8 ; 03
Erwachsene	2	5/3 (8)	24 ; 01 – 46 ; 09
	4	4/4 (8)	22 ; 00 – 54 ; 06

9/7 (16)	30 ; 10	22 ; 00 – 54 ; 06
----------	---------	-------------------

**Versuchspersonen.** Insgesamt nahmen 40 Versuchspersonen an Experiment 2.1. teil, die innerhalb ihrer Altersklasse zufällig in eine der zwei Bedingungen eingeteilt wurden. Vier Erwachsene mussten aber nachträglich aus der Stichprobe gestrichen werden, weil die Sichtung der Videoaufnahme deutliche Zeichen von Unkonzentriertheit zutage förderten (teilweise schauten die Probanden nicht durchwegs auf den Computerbildschirm). Tabelle 54 gibt, jeweils sortiert nach Altersklasse, die Altersangaben und die Geschlechterverteilung pro Bedingung und im Gesamten wieder. Alle Versuchspersonen waren rechtshändig und berichteten über ein gutes Sehvermögen, teilweise erreicht durch ein Hilfsmittel (Brille oder Kontaktlinsen).

### 5.1.2. Resultate

Die statistischen Kennwerte werden, sortiert nach Kombination, in den Tabellen 55 bis 60 wiedergegeben. Auf einem Blick ist dort ersichtlich, dass die Anzahl interpretierbarer Daten, insbesondere bei den Erwachsenen, im Vergleich zur Versuchsreihe A deutlich gestiegen ist. Namentlich produzieren die Erwachsenen in der Bedingung ohne Bewegungsinduzierung in fünf von sechs Fällen überlappend aufsteigende Datenmuster, in der Bedingung mit Bewegungsinduzierung sind es vier von sechs Fällen (in beiden Bedingungen sind die restlichen Kombinationen nicht interpretierbar). Wie Abbildung 65 exemplarisch zeigt, ist die Kategorie ‚überlappend aufsteigend‘ nun in einem weiteren Sinne zu verstehen. Während in Versuchsreihe A die Vektoren nahezu perfekt übereinander lagen, ist dies in Versuchsreihe B nicht mehr der Fall. Vielmehr ist erst mit der Analyse der statistischen Kennwerte feststellbar, ob die Vektoren sich signifikant voneinander unterscheiden oder nicht. Während im Bereich von 1200 Millisekunden ein deutlicher Effekt zu sehen ist, sind die Datenpunkte der beiden anderen Zeitintervalle (600 ms und 1800 ms) mehr oder minder überlappend. Dass aus statistischer Perspektive von einer globalen Überlappung der Vektoren die Rede sein muss, wird durch die entsprechenden Kennwerte belegt. Namentlich erweisen sich der Haupteffekt Zeit und die Interaktion als signifikant,  $F(2, 18) = 31.421, p < .001$  respektiv  $F(4, 28) = 4.048, p < .05$ , während der Haupteffekt Raum die Signifikanz nicht erreicht,  $F(2, 18) = 3.624, p = .054$  (Tabelle 57).

Die Kinder produzieren, mit wenigen Ausnahmen, fast ausschliesslich uninterpretierbare Resultate. Einzig in Kombination 3, in Kombination 4 und in Kombination 6 von Bedingung 2 zeigen die graphischen Muster überlappend aufsteigende Vektoren. Interessanterweise zeigen die Kinder in Kombination 5 von Bedingung 4 (also in der links unten beginnenden,

vertikal ausgerichteten Darbietung mit Bewegungsinduzierung) sowohl aufgrund der Statistik als auch aufgrund der Vektorenanordnung einen Kappa-Effekt (Abbildung 66). Obwohl diese Resultate für einen Effekt sprechen, muss aber von einem zufälligen Befund ausgegangen werden, da die Kinder in den restlichen Kombinationen dieser Bedingung, wie gesagt, ausschliesslich nicht interpretierbare Daten liefern. Zudem spricht trotz signifikantem Haupteffekt Raum,  $F(2, 18) = 14.500$ ,  $p < .001$ , trotz signifikantem Haupteffekt Zeit  $F(2,18) = 6.508$ ,  $p < .05$ , und trotz nicht signifikanter Interaktion,  $F(4, 36) = 1.508$ ,  $p = .221$ , ein geringer Korrelationskoeffizient für einen zufälligen Befund ( $p = .206$ ).

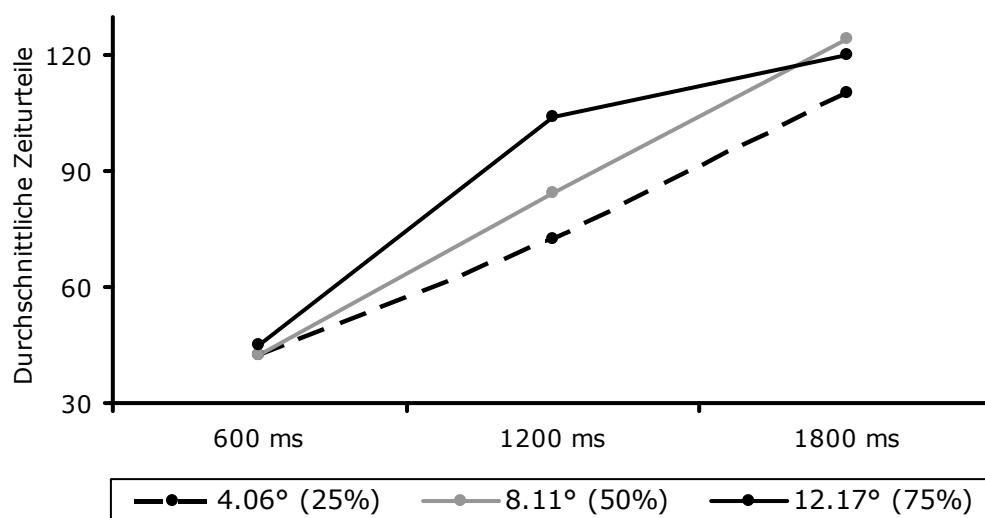
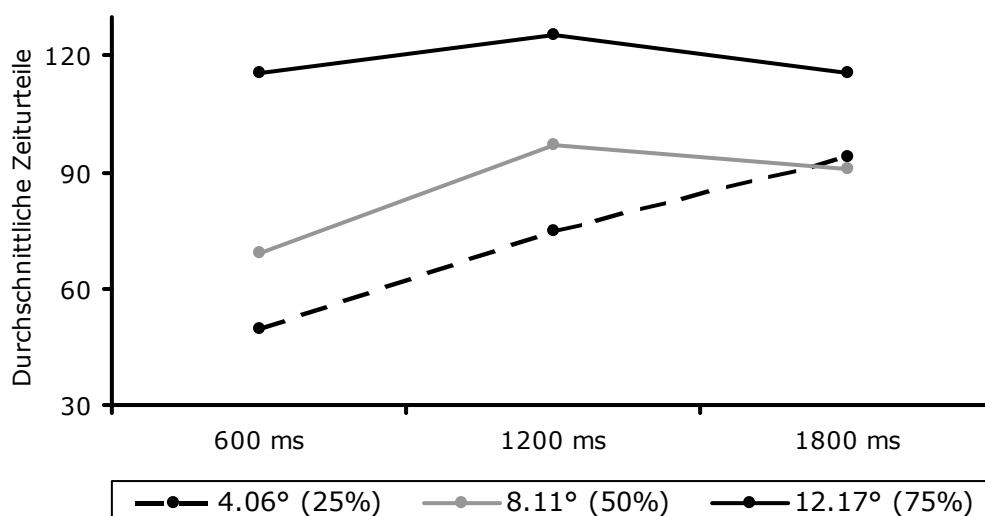


Abbildung 65. Resultat von Experiment 2.1., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt, Erwachsene, Bedingung 4 (Bewegungsinduzierung: eine Farbe, ein Ton), Beginn oben links/diagonale Ausrichtung (Kombination 3).



*Abbildung 66.* Resultat von Experiment 2.1., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt, 7-jährige Kinder, Bedingung 4 (Bewegungsinduzierung: eine Farbe, ein Ton), Beginn unten links/vertikale Ausrichtung (Kombination 5).

Tabelle 55

Resultate von Experiment 2.1., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt, Kombination 1  
(horizontale Ausrichtung, Darbietungsbeginn oben links)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 18) = 4.587,$ $p < .05$	$F(2, 18) = 1.593,$ $p = .231$	$F(2, 14) = 2.010,$ $p = .171$	$F(2, 14) = 0.280,$ $p = .760$
HE Zeit	$F(2, 18) = 15.002,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 6.713,$ $p < .05$	$F(2, 14) = 34.020,$ $p < .001$	$F(2, 14) = 12.530,$ $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 1.214,$ $p = .322$	$F(4, 36) = 1.213,$ $p = .322$	$F(4, 28) = 0.446,$ $p = .775$	$F(4, 28) = 4.299,$ $p < .05$
Pearson	$r = .668$	$r = .289$	$r = .710$	$r = .363$
Graphik	---	---	überlappend aufsteigend	---
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

Tabelle 56

Resultate von Experiment 2.1., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt, Kombination 2 (vertikale Ausrichtung, Darbietungsbeginn oben links)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 18) = 4.493,$ $p < .05$	$F(2, 18) = 2.612,$ $p = .101$	$F(2, 14) = 2.169,$ $p = .151$	$F(2, 14) = 0.658,$ $p = .533$
HE Zeit	$F(2, 18) = 22.967,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 0.489,$ $p = .621$	$F(2, 14) = 29.359,$ $p < .001$	$F(2, 14) = 38.463,$ $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 2.816,$ $p < .05$	$F(4, 36) = 4.659,$ $p < .05$	$F(4, 28) = 2.474,$ $p = .067$	$F(4, 28) = 1.980,$ $p = .125$
Pearson	$r = .440$	$r = .282$	$r = .747$	$r = .427$
Graphik	---	---	---	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt



Tabelle 57

Resultate von Experiment 2.1., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt, Kombination 3 (diagonale Ausrichtung, Darbietungsbeginn oben links)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 18) = 0.084$ , $p = .920$	$F(2, 18) = 5.985$ , $p < .05$	$F(2, 14) = 0.963$ , $p = .406$	$F(2, 14) = 3.624$ , $p = .054$
HE Zeit	$F(2, 18) = 10.499$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 2.466$ , $p = .113$	$F(2, 14) = 21.472$ , $p < .001$	$F(2, 14) = 31.421$ , $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 2.092$ , $p = .102$	$F(4, 36) = 1.842$ , $p = .142$	$F(4, 28) = 0.881$ , $p = .488$	$F(4, 28) = 4.048$ , $p < .05$
Pearson	$r = .660$	$r = .198$	$r = .780$	$r = .485$
Graphik	überlappend aufsteigend	---	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend *
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt *

Tabelle 58

Resultate von Experiment 2.1., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt, Kombination 4 (horizontale Ausrichtung, Darbietungsbeginn unten links)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 18) = 2.043$ , $p = .159$	$F(2, 18) = 1.448$ , $p = .261$	$F(2, 14) = 2.931$ , $p < .086$	$F(2, 14) = 0.532$ , $p = .599$
HE Zeit	$F(2, 18) = 9.534$ , $p < .05$	$F(2, 18) = 0.275$ , $p = .763$	$F(2, 14) = 17.163$ , $p < .001$	$F(2, 14) = 45.315$ , $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 3.398$ , $p < .05$	$F(4, 36) = 1.275$ , $p = .298$	$F(4, 28) = 0.610$ , $p = .659$	$F(4, 28) = 7.701$ , $p < .001$
Pearson	$r = .794$	$r = .347$	$r = .818$	$r = .523$
Graphik	überlappend aufsteigend	---	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

Tabelle 59

Resultate von Experiment 2.1., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt, Kombination 5 (vertikale Ausrichtung, Darbietungsbeginn unten links)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 18) = 1.907$ , $p = .177$	$F(2, 18) = 14.500$ , $p < .001$	$F(2, 14) = 1.236$ , $p = .320$	$F(2, 18) = 4.702$ , $p < .05$
HE Zeit	$F(2, 18) = 3.123$ , $p = .068$	$F(2, 18) = 6.508$ , $p < .05$	$F(2, 14) = 34.447$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 21.574$ , $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 2.121$ , $p = .098$	$F(4, 36) = 1.508$ , $p = .221$	$F(4, 28) = 0.742$ , $p = .571$	$F(4, 28) = 5.382$ , $p = .05$
Pearson	$r = .617$	$r = .206$	$r = .743$	$r = .612$
Graphik	---	parallel aufsteigend *	überlappend aufsteigend	---
Effekt	kein Kappa-Effekt	nicht eindeutig *	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

Tabelle 60

Resultate von Experiment 2.1., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt, Kombination 6 (diagonale Ausrichtung, Darbietungsbeginn unten links)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 18) = 7.470$ , $p < .05$	$F(2, 18) = 4.029$ , $p < .05$	$F(2, 14) = 1.595$ , $p = .238$	$F(2, 14) = 8.792$ , $p < .05$
HE Zeit	$F(2, 18) = 13.509$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 1.477$ , $p = .255$	$F(2, 14) = 35.544$ , $p < .001$	$F(2, 14) = 66.330$ , $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 1.638$ , $p = .186$	$F(4, 36) = 2.709$ , $p < .05$	$F(4, 28) = 1.870$ , $p = .144$	$F(4, 28) = 4.459$ , $p < .05$
Pearson	$r = .648$	$r = .329$	$r = .769$	$r = .629$
Graphik	überlappend aufsteigend	---	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

## 5.2. Experiment 2.2. (Kappa-Effekt im Entwicklungsverlauf): Zweifache Variation der Bewegungsinduzierung, flexibler Skalennullpunkt

### 5.2.1. Methode

Experiment 2.2. entspricht im Grundsatz Experiment 1.3. von Versuchsreihe A. Da Zeiturteile erfragt wurden, wurde auch hier die Metapher der Synchronturnspringer verwendet (siehe auch Experiment 1.1. von Versuchsreihe A). Wie bereits in der Einleitung zu Versuchsreihe B und in Kapitel 3.3.2. eingehend erläutert, fungierte neben der unteren linken Bildschirmecke nun die rechte obere Bildschirmecke, anstelle der linken Oberen, als Startpunkt der Darbietung. Alle anderen Versuchsparameter und der grundsätzliche Versuchsablauf blieben indes unverändert. Für nähere Informationen zur Skala auf Papier wird auf die Einleitung von Versuchsreihe B und auf Kapitel 3.3.2. verwiesen.

**Versuchspersonen.** Insgesamt nahmen 40 Versuchspersonen an Experiment 2.1. teil, die innerhalb ihrer Altersklasse zufällig in eine der zwei Bedingungen eingeteilt wurden. Im Gegensatz zu Experiment 2.1. musste nun niemand aus der Stichprobe ausgeschlossen werden. Tabelle 61 gibt, jeweils sortiert nach Altersklasse, die Altersangaben und die Geschlechterverteilung pro Bedingung und im Gesamten wieder. Alle Versuchspersonen waren rechtshändig und berichteten über gutes Sehvermögen, teilweise erreicht durch ein Hilfsmittel (Brille oder Kontaktlinsen).

Tabelle 61

*Altersangaben und Geschlechterverteilung in Experiment 2.2., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt im Entwicklungsverlauf, zweifache Variation der Bewegungsinduzierung, flexibler Nullpunkt der Skala*

Altersklassen und Bedingung		Geschlechtervert. w/m (Gesamt)	Durchschnittsalter (yy;mm)	Altersbereich (yy;mm – yy;mm)
Kinder	2	6/4 (10)	7 ; 09	7 ; 04 – 8 ; 02
	4	7/3 (10)	8 ; 00	7 ; 07 – 8 ; 04
		13/7 (20)	7 ; 11	7 ; 04 – 8 ; 04
Erwachsene	2	5/5 (10)	26 ; 10	21 ; 11 – 49 ; 04
	4	1/9 (10)	24 ; 11	21 ; 06 – 28 ; 08
		6/14 (20)	25 ; 11	21 ; 06 – 49 ; 04

### 5.2.2. Resultate

Die Resultate von Experiment 2.2. sind, wieder nach Kombination geordnet, in den Tabellen 62 bis 67 einsehbar. In allen ausser zwei Fällen zeigen die Graphen der Erwachsenen überlappend aufsteigende Vektoren (die eine Ausnahme wird durch Kombination 5 von Bedingung 4 gebildet). Erwachsene haben nun, im Gegensatz zu den Vorversuchen, keine Probleme Zeiturteile auch dann korrekt wiederzugeben, wenn die vermeintliche Bewegung von rechts nach links erfolgte. Das Anpassen des Nullpunktes der Urteilsskala reichte somit aus, um korrekte Zeiturteile herbeizuführen. Interessant wird sein, ob dies auch bei Raumurteilen der Fall sein wird (siehe hierzu Experiment 2.4. von Versuchsreihe B).

Abbildung 67 zeigt die zweite Ausnahme. Hierbei handelt es sich um die diagonal ausgerichtete Darbietung, die in der oberen rechten Bildschirmecke beginnt und einer Bewegungsinduzierung unterworfen ist (Kombination 3 von Bedingung 2). Stärker als das graphische Muster sprechen die statistischen Kennwerte für einen Effekt; sowohl der Haupteffekt Raum, als auch der Haupteffekt Zeit sind signifikant,  $F(2, 18) = 3.911$ ,  $p < .05$  respektiv  $F(2, 18) = 14.201$ ,  $p < .001$ , die Interaktion aber nicht,  $F(4, 36) = 0.478$ ,  $p = .752$  (Tabelle 64). Da sich aber die Vektoren der beiden längeren Zeitintervalle (1200 ms und 1800 ms) überlappen, kann nicht von einem reinen Effekt gesprochen werden. Vielmehr kommt das Vektorenmuster dem ‚partiellen Effekt‘ nahe, das im Rahmen von Versuchsreihe A oft vorgekommen ist und dort eingehend diskutiert wurde.

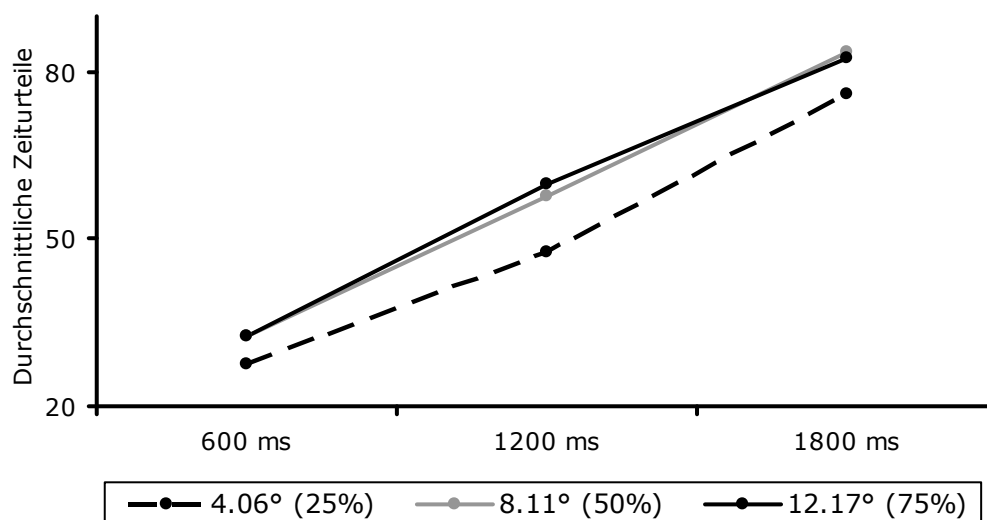


Abbildung 67. Resultat von Experiment 2.2., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt, erwachsene Probanden, Bedingung 2 (keine Bewegungsinduzierung: zwei Farben, zwei Töne), Beginn oben

rechts/diagonale Ausrichtung (Kombination 3).

In derselben Kombination zeigen auch die Kinder ein interessantes Resultat, das aufgrund des graphischen Musters teils auf einen Effekt hindeutet (Abbildung 68). Die statistischen Kennwerte sprechen aber eindeutig gegen einen Kappa-Effekt, da zwar die Interaktion effektkonform nicht signifikant ist,  $F(4, 36) = 0.728$ ,  $p = .579$ , es aber zugleich beide Haupteffekte auch nicht sind; Haupteffekt Zeit  $F(2, 18) = 1.303$ ,  $p = .296$  und Haupteffekt Raum  $F(2, 18) = 2.112$ ,  $p = .150$  (Tabelle 64).

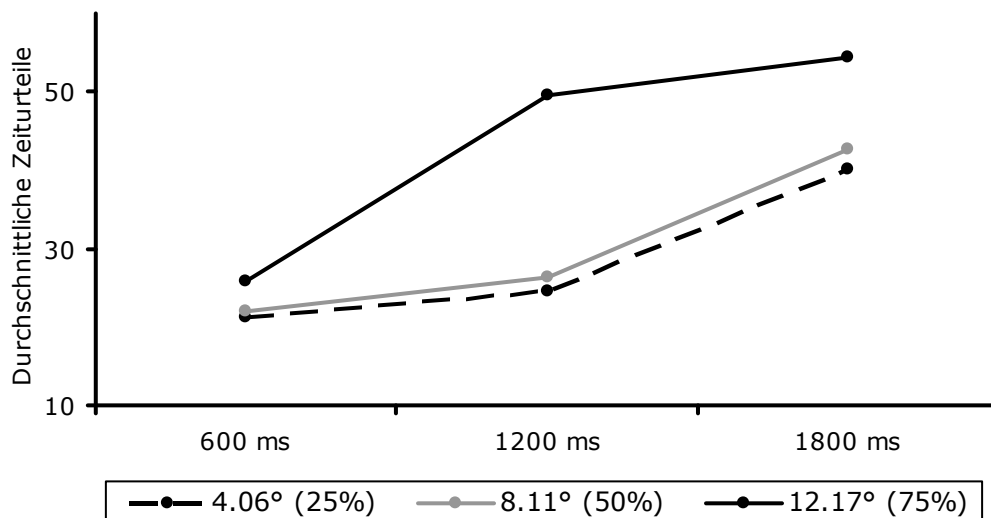


Abbildung 68. Resultat von Experiment 2.2., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt, 9-jährige Probanden, Bedingung 2 (keine Bewegungsinduzierung: zwei Farben, zwei Töne), Beginn oben rechts/diagonale Ausrichtung (Kombination 3).

In allen übrigen Fällen, also unabhängig davon, ob Bewegung induziert wurde (Bedingung 4) oder keine Bewegungsinduzierung stattfand (Bedingung 2), zeigen die Kinder ausschliesslich nicht interpretierbare Resultate. Einerseits deutet dies stark darauf hin, dass das eben berichtete, effektnahe Resultat auf einen Zufall beruht (obwohl interessanterweise die Erwachsenen in derselben Kombination ein Resultat erzielten, das sich dem Kappa-Effekt annähert). Andererseits zeigt dieser klare Befund, dass die schwierigere Stimulenausrichtung (sprich, jene von rechts nach links) auch jene Urteile negativ zu beeinflussen scheint, die Darbietungen betreffen, die von links nach rechts verliefen. Auf diesen Punkt wird in der Diskussion näher eingegangen.

Tabelle 62

Resultate von Experiment 2.2., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt, Kombination 1  
(horizontale Ausrichtung, Darbietungsbeginn oben rechts)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 18) = 3.125,$ $p = .068$	$F(2, 18) = 3.523,$ $p = .51$	$F(2, 18) = 0.256,$ $p = .777$	$F(2, 18) = 2.651,$ $p = .098$
HE Zeit	$F(2, 18) = 2.148,$ $p = .146$	$F(2, 18) = 2.347,$ $p = .124$	$F(2, 18) = 19.963,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 23.110,$ $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.519,$ $p = .722$	$F(4, 36) = 0.665,$ $p = .620$	$F(4, 36) = 1.309,$ $p = .285$	$F(4, 36) = 1.641,$ $p = .185$
Pearson	$r = .534$	$r = .522$	$r = .581$	$r = .773$
Graphik	---	---	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

Tabelle 63

Resultate von Experiment 2.2., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt, Kombination 2 (vertikale Ausrichtung, Darbietungsbeginn oben rechts)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 18) = 0.747,$ $p = .488$	$F(2, 18) = 2.213,$ $p = .138$	$F(2, 18) = 3.319,$ $p = .059$	$F(2, 18) = 4.068,$ $p < .05$
HE Zeit	$F(2, 18) = 4.330,$ $p < .05$	$F(2, 18) = 9.701,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 12.796,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 21.940,$ $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.653,$ $p = .629$	$F(4, 36) = 1.614,$ $p < .192$	$F(4, 36) = 1.808,$ $p = .149$	$F(4, 36) = 2.586,$ $p = .053$
Pearson	$r = .474$	$r = .256$	$r = .566$	$r = .762$
Graphik	---	---	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

Tabelle 64

Resultate von Experiment 2.2., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt, Kombination 3 (diagonale Ausrichtung, Darbietungsbeginn oben rechts)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 18) = 1.303$ , $p = .296$	$F(2, 18) = 1.360$ , $p = .282$	$F(2, 18) = 3.911$ , $p < .05$	$F(2, 18) = 1.016$ , $p = .382$
HE Zeit	$F(2, 18) = 2.112$ , $p = .150$	$F(2, 18) = 3.447$ , $p = .054$	$F(2, 18) = 14.201$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 26.356$ , $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.728$ , $p = .579$	$F(4, 36) = 0.364$ , $p = .833$	$F(4, 36) = 0.478$ , $p = .752$	$F(4, 36) = 2.646$ , $p < .05$
Pearson	$r = .417$	$r = .384$	$r = .677$	$r = .808$
Graphik	parallel aufsteigend *	---	nicht eindeutig *	überlappend aufsteigend
Effekt	nicht eindeutig *	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt *	kein Kappa-Effekt

Tabelle 65

Resultate von Experiment 2.2., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt, Kombination 4 (horizontale Ausrichtung, Darbietungsbeginn unten links)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 18) = 3.333$ , $p = .059$	$F(2, 18) = 0.385$ , $p = .686$	$F(2, 18) = 1.950$ , $p < .171$	$F(2, 18) = 2.927$ , $p = .079$
HE Zeit	$F(2, 18) = 1.708$ , $p = .209$	$F(2, 18) = 5.272$ , $p < .05$	$F(2, 18) = 18.118$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 25.840$ , $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.844$ , $p = .506$	$F(4, 36) = 1.222$ , $p = .318$	$F(4, 36) = 1.213$ , $p = .322$	$F(4, 36) = 0.242$ , $p = .912$
Pearson	$r = .484$	$r = .253$	$r = .724$	$r = .891$
Graphik	---	---	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

Tabelle 66

Resultate von Experiment 2.2., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt, Kombination 5 (vertikale Ausrichtung, Darbietungsbeginn unten links)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 18) = 0.696$ , $p = .612$	$F(2, 18) = 0.174$ , $p < .842$	$F(2, 18) = 1.598$ , $p = .230$	$F(2, 18) = 0.008$ , $p = .992$
HE Zeit	$F(2, 18) = 2.284$ , $p = .131$	$F(2, 18) = 2.709$ , $p = .094$	$F(2, 18) = 12.785$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 20.908$ , $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 1.481$ , $p = .228$	$F(4, 36) = 1.247$ , $p = .309$	$F(4, 36) = 1.644$ , $p = .184$	$F(4, 36) = 2.973$ , $p < .05$
Pearson	$r = .330$	$r = .502$	$r = .690$	$r = .793$
Graphik	---	---	überlappend aufsteigend	---
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

Tabelle 67

Resultate von Experiment 2.2., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt, Kombination 6 (diagonale Ausrichtung, Darbietungsbeginn unten links)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 18) = 0.174$ , $p = .642$	$F(2, 18) = 0.320$ , $p = .730$	$F(2, 18) = 3.197$ , $p = .065$	$F(2, 18) = 1.823$ , $p < .190$
HE Zeit	$F(2, 18) = 1.188$ , $p = .328$	$F(2, 18) = 1.948$ , $p = .171$	$F(2, 18) = 18.460$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 25.537$ , $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 1.313$ , $p = .284$	$F(4, 36) = 1.286$ , $p = .294$	$F(4, 36) = 0.311$ , $p = .869$	$F(4, 36) = 1.001$ , $p = .402$
Pearson	$r = .300$	$r = .481$	$r = .647$	$r = .782$
Graphik	---	---	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt



### 5.3. Experiment 2.3. (Tau-Effekt im Entwicklungsverlauf): Zweifache Variation der Bewegungsinduzierung, fixer Skalennullpunkt

#### 5.3.1. Methode

Experiment 2.3. entspricht im Grundsatz Experiment 1.3. derselben Versuchsreihe. Statt Zeiturteilen werden nun aber Raumurteile erfragt. Zum Zuge kommt also die Instruktion mit den Fallschirmspringern (siehe auch Experiment 1.1. von Versuchsreihe A). Die linke untere und die linke obere Bildschirmcke fungieren als mögliche Startpunkte der Darbietung. Auch alle anderen Versuchsparameter und der grundsätzliche Versuchsablauf bleiben in Bezug auf die vorangehenden Experimente von Versuchsreihe B unverändert. Für nähere Informationen zur Skala auf Papier wird auf die Einleitung und auf Kapitel 3.3.2. verwiesen.

**Versuchspersonen.** Insgesamt nahmen 40 Versuchspersonen teil, die innerhalb ihrer Altersklasse zufällig in eine der zwei Bedingungen eingeteilt wurden. Zwei Kinder mussten aber nachträglich aus der Stichprobe ausgeschlossen werden, weil sie zu oft eines der zwei Stimuli nicht gesehen hatten. Tabelle 68 gibt, jeweils sortiert nach Altersklasse, die Altersangaben und die Geschlechterverteilung pro Bedingung und im Gesamten wieder. Alle Versuchspersonen waren rechtshändig und berichteten über gutes Sehvermögen, teilweise erreicht durch ein Hilfsmittel (Brille oder Kontaktlinsen).

Tabelle 68

*Altersangaben und Geschlechterverteilung in Experiment 2.3., Versuchsreihe B, Tau-Effekt im Entwicklungsverlauf, zweifache Variation der Bewegungsinduzierung, fixer Nullpunkt der Skala*

Altersklassen und Bedingung		Geschlechtervert. w/m (Gesamt)	Durchschnittsalter (yy;mm)	Altersbereich (yy;mm – yy;mm)
Kinder	2	5/3 (8)	8 ; 06	7 ; 05 – 9 ; 04
	4	5/5 (10)	8 ; 02	7 ; 07 – 8 ; 11
		10/8 (18)	8 ; 04	7 ; 05 – 9 ; 04
Erwachsene	2	6/4 (10)	27 ; 08	16 ; 11 – 45 ; 07
	4	7/3 (10)	29 ; 05	17 ; 02 – 50 ; 00
		13/7 (20)	28 ; 06	16 ; 11 – 50 ; 00

### 5.3.2. Resultate

Die Tabellen 69 bis 74 geben die Resultate von Experiment 3.2. wieder. Wie bereits im Rahmen der Vorversuche und von Versuchsreihe A berichtet wurde, führen Raumurteile generell zu besser interpretierbaren Resultaten als Zeiturteile. Versuchsreihe B zeigt dies eindrücklich auch im Entwicklungsverlauf. Führte die wenig intuitive Antwortskala im Rahmen von Kappa-Aufgaben bei Kindern noch zu wenig interpretierbaren Daten, erzeugt dieses Tau-Experiment ausschliesslich überlappende Datenmuster. Die Kinder lassen sich also bei der Beurteilung des räumlichen Abstandes nicht vom Zeitintervall beeinflussen. Namentlich auch dann nicht, wenn die Stimulidarbietung einer Bewegungsinduzierung unterworfen war.

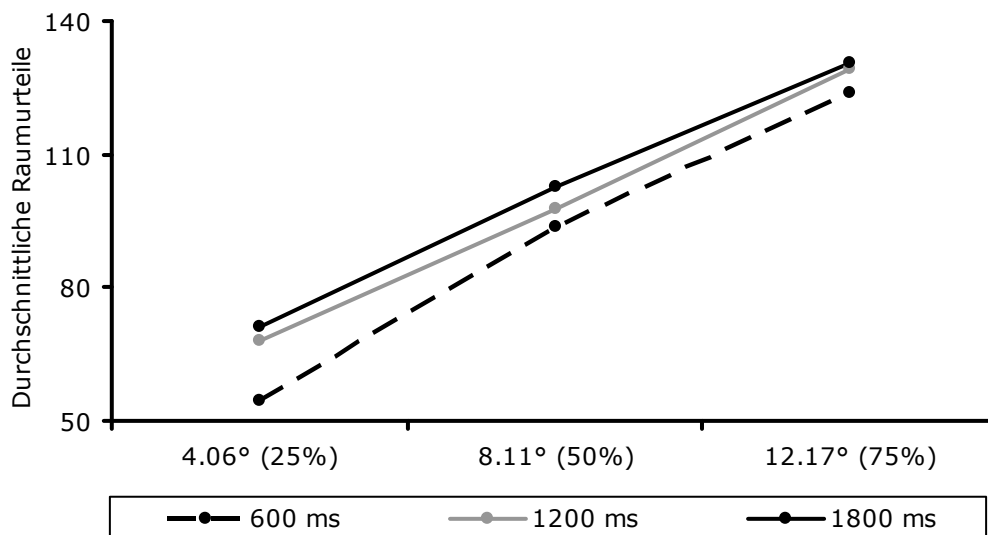


Abbildung 69. Resultat von Experiment 2.3., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt, Erwachsene, Bedingung 4 (Bewegungsinduzierung: eine Farbe, ein Ton), Beginn oben links/diagonale Ausrichtung (Kombination 3).

Interessanterweise zeigen die Kinder zudem Korrelationsmasse, die höher sind als jene der Erwachsenen. In neun von zwölf möglichen Fällen (pro Bedingung wurden sechs Kombinationen dargeboten) ist die Produkt-Moment-Korrelation der Kinder höher als jene der Erwachsenen. Demzufolge ist die durchschnittliche Korrelation der Kinder mit  $r = .557$  höher als jene der älteren Probanden, die einen Koeffizienten von  $r = .482$  erzielten.

Bezüglich der Interpretierbarkeit der Resultate zeigen die Erwachsenen dasselbe Gesamtbild wie die Kinder: In allen Fällen produzieren sie, unabhängig von der Bedingung, überlappend aufsteigende Vektorenmuster. Hier ist aber nochmals darauf hinzuweisen, dass dieser Begriff, wie in den vorangehenden Experimenten von

Versuchsreihe B, in einem weiteren Sinne zu verstehen ist. Namentlich nähern sich die einzelnen Vektoren viel stärker einem parallelen Datenmuster, als dies in Versuchsreihe A noch der Fall war. Die Kategorisierung erfolgt also auch hier vor allem aufgrund der statistischen Kennwerte, die effektwidrig einen nicht signifikanten Haupteffekt Raum oder eine signifikante Interaktion ergeben (während in allen Fällen der Haupteffekt Zeit effektkonform signifikant ist). Sehr deutlich kommt dieses Problem in Kombination 3 von Bedingung 4 zutage, wie Abbildung 69 belegt. Hier zeigt die Graphik zwar parallel aufsteigende und lineare Vektoren, die statistischen Kennwerte sprechen aber gegen einen Effekt. Namentlich ist zwar der Haupteffekt Zeit, nicht aber der Haupteffekt Raum signifikant,  $F(2, 18) = 33.667, p < .001$  respektiv  $F(2, 18) = 1.584, p = .232$  (Tabelle 71). Dementsprechend kann hier nicht von einem reinen Tau-Effekt die Rede sein.

Tabelle 69

*Resultate von Experiment 2.3., Versuchsreihe B, Tau-Effekt, Kombination 1 (horizontale Ausrichtung, Darbietungsbeginn oben links)*

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 14) = 69.112,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 85.546,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 15.607,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 9.505,$ $p < .05$
HE Zeit	$F(2, 14) = 0.646,$ $p = .539$	$F(2, 18) = 3.246,$ $p = .063$	$F(2, 18) = 2.943,$ $p = .078$	$F(2, 18) = 0.831,$ $p = .452$
Interakt.	$F(4, 28) = 1.402,$ $p = .259$	$F(4, 36) = 0.746,$ $p = .567$	$F(4, 36) = 0.742,$ $p = .569$	$F(4, 36) = 0.801,$ $p = .533$
Pearson	$r = .478$	$r = .427$	$r = .287$	$r = .592$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 70

Resultate von Experiment 2.3., Versuchsreihe B, Tau-Effekt, Kombination 2 (vertikale Ausrichtung, Darbietungsbeginn oben links)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 14) = 12.932,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 68.832,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 140.217,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 100.549,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 14) = 0.602,$ $p = .531$	$F(2, 18) = 1.033,$ $p = .376$	$F(2, 18) = 0.267,$ $p = .769$	$F(2, 18) = 0.801,$ $p < .464$
Interakt.	$F(4, 28) = 0.748,$ $p = .568$	$F(4, 36) = 4.981,$ $p < .05$	$F(4, 36) = 0.793,$ $p = .537$	$F(4, 36) = 0.753,$ $p = .562$
Pearson	$r = .639$	$r = .521$	$r = .526$	$r = .442$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 71

Resultate von Experiment 2.3., Versuchsreihe B, Tau-Effekt, Kombination 3 (diagonale Ausrichtung, Darbietungsbeginn oben links)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 14) = 29.191,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 53.112,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 181.180,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 33.667,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 14) = 0.808,$ $p = .465$	$F(2, 18) = 1.301,$ $p = .297$	$F(2, 18) = 0.202,$ $p = .819$	$F(2, 18) = 1.584,$ $p = .232$
Interakt.	$F(4, 28) = 1.790,$ $p = .159$	$F(4, 36) = 2.472,$ $p = .062$	$F(4, 36) = 3.199,$ $p < .05$	$F(4, 36) = 1.257,$ $p = .305$
Pearson	$r = .655$	$r = .608$	$r = .421$	$r = .584$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	parallel aufsteigend *
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	nicht eindeutig *

Tabelle 72

Resultate von Experiment 2.3., Versuchsreihe B, Tau-Effekt, Kombination 4 (horizontale Ausrichtung, Darbietungsbeginn unten links)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 14) = 40.882,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 102.472,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 189.382,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 72.452,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 14) = 1.111,$ $p = .357$	$F(2, 18) = 0.357,$ $p = .705$	$F(2, 18) = 1.226,$ $p = .317$	$F(2, 18) = 2.645,$ $p = .098$
Interakt.	$F(4, 28) = 0.787,$ $p = .544$	$F(4, 36) = 0.661,$ $p = .623$	$F(4, 36) = 1.005,$ $p = .418$	$F(4, 36) = 1.944,$ $p = .124$
Pearson	$r = .528$	$r = .486$	$r = .545$	$r = .562$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 73

Resultate von Experiment 2.3., Versuchsreihe B, Tau-Effekt, Kombination 5 (vertikale Ausrichtung, Darbietungsbeginn unten links)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 14) = 28.741,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 85.151,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 143.655,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 42.701,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 14) = 0.042,$ $p = .959$	$F(2, 18) = 0.844,$ $p = .446$	$F(2, 18) = 0.326,$ $p = .726$	$F(2, 18) = 1.391,$ $p = .274$
Interakt.	$F(4, 28) = 1.730,$ $p = .171$	$F(4, 36) = 1.905,$ $p = .131$	$F(4, 36) = 1.012,$ $p = .414$	$F(4, 36) = 0.582,$ $p = .678$
Pearson	$r = .602$	$r = .626$	$r = .325$	$r = .353$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 74

Resultate von Experiment 2.3., Versuchsreihe B, Tau-Effekt, Kombination 6 (diagonale Ausrichtung, Darbietungsbeginn unten links)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 14) = 50.783,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 67.668,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 157.012,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 48.965,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 14) = 1.147,$ $p = .346$	$F(2, 18) = 0.342,$ $p = .715$	$F(2, 18) = 1.616,$ $p < .226$	$F(2, 18) = 0.112,$ $p = .895$
Interakt.	$F(4, 28) = 0.653,$ $p = .629$	$F(4, 36) = 2.512,$ $p = .059$	$F(4, 36) = 2.365,$ $p = .071$	$F(4, 36) = 0.780,$ $p = .545$
Pearson	$r = .662$	$r = .458$	$r = .554$	$r = .594$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

#### 5.4. Experiment 2.4. (Tau-Effekt im Entwicklungsverlauf):

##### Zweifache Variation der Bewegungsinduzierung, flexibler Skalennullpunkt

##### 5.4.1. Methode

Experiment 2.4. entspricht im Grundsatz Experiment 1.1. von Versuchsreihe A. Wie in der Einleitung zu Versuchsreihe B und in Kapitel 3.3.2. bereits erläutert, fungierte neben der linken unteren Bildschirmecke nun die rechte obere Ecke als zweiter Startpunkt der Darbietung. Die restlichen Versuchsparameter und der grundsätzliche Versuchsaufbau blieben in Bezug auf die vorangehenden Experimente von Versuchsreihe B unverändert. Für nähere Informationen zur Skala auf Papier wird ebenfalls auf die Einleitung und auf Kapitel 3.3.2. verwiesen.

**Versuchspersonen.** Insgesamt nahmen 40 Versuchspersonen teil, die innerhalb ihrer Altersklasse zufällig in eine der zwei Bedingungen eingeteilt wurden. Vier Kinder und zwei Erwachsene mussten aber nachträglich wegen Unaufmerksamkeit aus der Stichprobe ausgeschlossen werden. Tabelle 75 gibt, jeweils sortiert nach Altersklasse, die Altersangaben und die Geschlechterverteilung pro Bedingung und im Gesamten wieder.

Alle Versuchspersonen waren rechtshändig und berichteten über gutes Sehvermögen, teilweise erreicht durch ein Hilfsmittel (Brille oder Kontaktlinsen).

Tabelle 75

*Altersangaben und Geschlechterverteilung in Experiment 2.4., Versuchsreihe B, Tau-Effekt im Entwicklungsverlauf, zweifache Variation der Bewegungsinduzierung, flexibler Nullpunkt der Skala*

Altersklassen und Bedingung		Geschlechtervert. w/m (Gesamt)	Durchschnittsalter (yy;mm)	Altersbereich (yy;mm – yy;mm)
Kinder	2	4/4 (8)	8 ; 01	7 ; 06 – 8 ; 09
	4	3/5 (8)	8 ; 01	7 ; 10 – 8 ; 07
		7/9 (16)	8 ; 01	7 ; 06 – 8 ; 09
Erwachsene	2	4/4 (8)	25 ; 05	22 ; 00 – 37 ; 10
	4	6/4 (10)	23 ; 09	16 ; 05 – 26 ; 10
		10/8 (18)	24 ; 07	16 ; 05 – 37 ; 10

#### 5.4.2. Resultate

Die statistischen Kennwerte zu Experiment 2.4. sind in den Tabellen 76 bis 81 einsehbar. Die Kinder zeigen in der Bedingung mit Bewegungsinduzierung in allen ausser einem Fall überlappend aufsteigende Vektoren (die Ausnahme wird durch Kombination 6 gebildet). Auf der anderen Seite sind alle sechs Kombinationen ohne Bewegungsinduzierung nicht interpretierbar. Dieser Befund soll im Rahmen der Diskussion analysiert werden.

Bei den Erwachsenen steigert sich diese Tendenz sogar weiter. Während die Bedingung ohne Bewegungsinduzierung ausnahmslos überlappende Vektoren produziert, sind in der Bedingung mit Induzierung von Bewegung zwei Quasi-Effekte zu verzeichnen. Namentlich zeigt Kombination 1 (horizontal ausgerichtete Darbietung mit Beginn in der oberen rechten Bildschirmecke), mit einer Ausnahme, parallel aufsteigende und lineare Vektoren. Die Ausnahme wird durch die Zeitintervalle von 1200 und 1800 Millisekunden in Verbindung mit dem grössten räumlichen Abstand ( $12.17^\circ$ ) gebildet, hier ist eine Überlappung beider Datenpunkte zu verzeichnen (Abbildung 70). Daneben ist aber aus statistischer Perspektive festzuhalten, dass nicht alle Kennwerte effektkonform sind. So ist zwar der Haupteffekt Raum signifikant, während es die Interaktion nicht ist,  $F(4, 36) = 0.599$ ,  $p = .667$  respektiv  $F(2, 18) = 2.116$ ,  $p = .157$ , gleichzeitig erreicht aber auch der Haupteffekt Zeit die Signifikanz nicht,  $F(4, 36) = 0.599$ ,  $p = .667$  (Tabelle 76).

Umgekehrt ist es in Kombination 3 (diagonale Ausrichtung mit Darbietungsbeginn in der oberen rechten Bildschirmecke). Während die statistischen Kennwerte klar für einen Effekt sprechen, ist das graphische Muster nicht eindeutig (Abbildung 71). Hier findet, wieder im Bereich des grössten räumlichen Abstandes, eine deutliche Überlappung und gar Überkreuzung der drei Datenpunkte statt. In diesem Sinne sind auch die statistischen Kennwerte kritisch zu betrachten; Haupteffekt Raum  $F(2, 18) = 33.147$ ,  $p < .001$ , Haupteffekt Zeit  $F(2, 18) = 6.165$ ,  $p < .05$ , Interaktion  $F(4, 36) = 2.296$ ,  $p = .084$  (Tabelle 78).

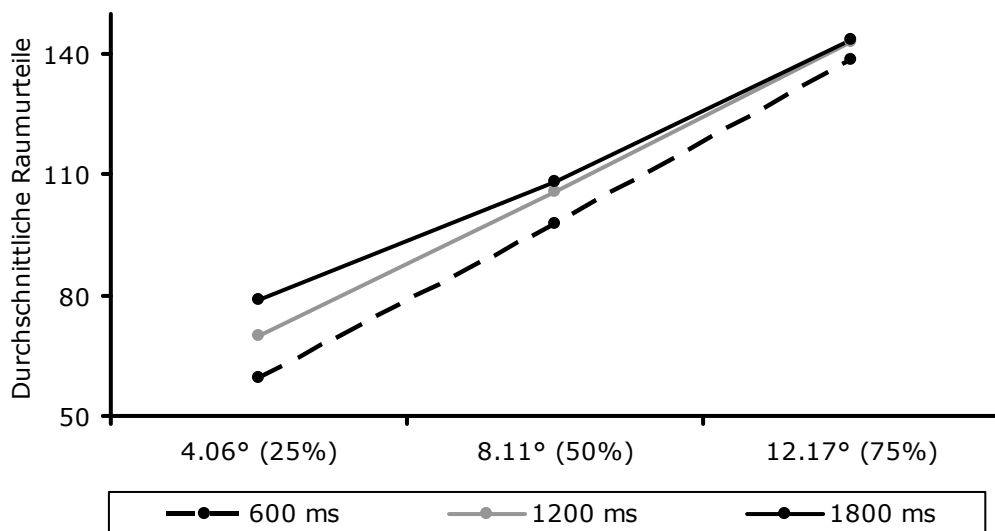


Abbildung 70. Resultat von Experiment 2.4., Versuchsreihe B, Kappa-Effekt, Erwachsene, Bedingung 4 (Bewegungsinduzierung: eine Farbe, ein Ton), Beginn oben rechts/horizontale Ausrichtung (Kombination 1).

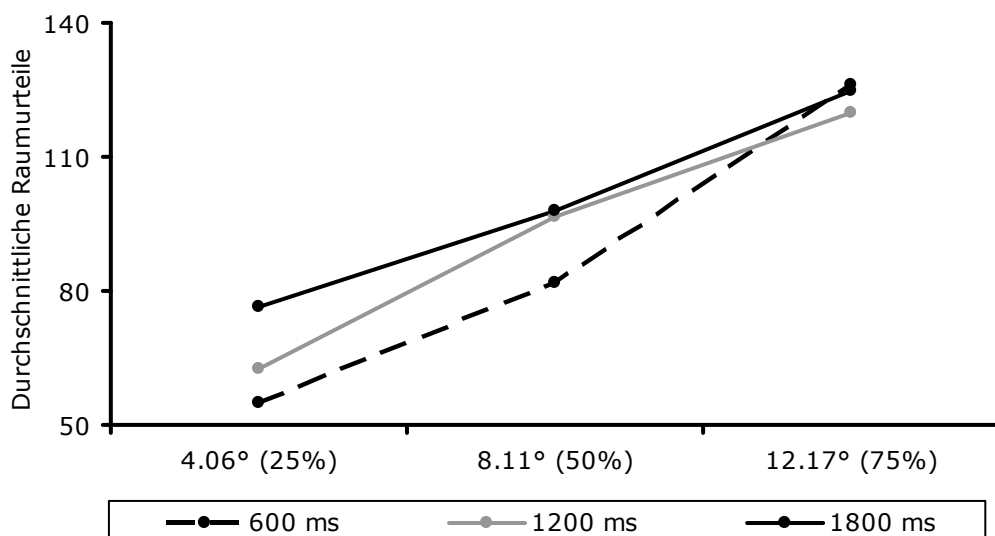


Abbildung 71. Resultat von Experiment 2.4., Versuchsreihe B, Kappa-



Effekt, Erwachsene, Bedingung 4 (Bewegungsinduzierung: eine Farbe, ein Ton), Beginn oben rechts/diagonale Ausrichtung (Kombination 3).

Tabelle 76

Resultate von Experiment 2.4., Versuchsreihe B, Tau-Effekt, Kombination 1 (horizontale Ausrichtung, Darbietungsbeginn oben rechts)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 14) = 19.945,$ $p < .001$	$F(2, 14) = 25.410,$ $p < .001$	$F(2, 14) = 165.977,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 62.314,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 14) = 0.386,$ $p = .687$	$F(2, 14) = 2.818,$ $p = .094$	$F(2, 14) = 1.171,$ $p = .332$	$F(2, 18) = 2.116,$ $p = .157$
Interakt.	$F(4, 28) = 4.003,$ $p < .011$	$F(4, 28) = 0.821,$ $p = .523$	$F(4, 28) = 0.543,$ $p = .712$	$F(4, 36) = 0.599,$ $p = .667$
Pearson	$r = .383$	$r = .376$	$r = .529$	$r = .310$
Graphik	---	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	parallel aufsteigend *
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	nicht eindeutig *

Tabelle 77

Resultate von Experiment 2.4., Versuchsreihe B, Tau-Effekt, Kombination 2 (vertikale Ausrichtung, Darbietungsbeginn oben rechts)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 14) = 2.434,$ $p = .124$	$F(2, 14) = 25.117,$ $p < .001$	$F(2, 14) = 295.955,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 10.043,$ $p < .05$
HE Zeit	$F(2, 14) = 1.824,$ $p = .198$	$F(2, 14) = 0.552,$ $p = .588$	$F(2, 14) = 3.200,$ $p = .065$	$F(2, 18) = 0.908,$ $p = .426$
Interakt.	$F(4, 28) = 1.155,$ $p = .352$	$F(4, 28) = 0.905,$ $p = .474$	$F(4, 28) = 0.801,$ $p = .532$	$F(4, 36) = 0.144,$ $p = .964$
Pearson	$r = .491$	$r = .217$	$r = .289$	$r = .779$
Graphik	---	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 78

Resultate von Experiment 2.4., Versuchsreihe B, Tau-Effekt, Kombination 3 (diagonale Ausrichtung, Darbietungsbeginn oben rechts)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 14) = 4.206,$ $p < .05$	$F(2, 14) = 14.942,$ $p < .001$	$F(2, 14) = 146.202,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 33.147,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 14) = 0.616,$ $p = .554$	$F(2, 14) = 1.053,$ $p = .375$	$F(2, 14) = 5.908,$ $p < .05$	$F(2, 18) = 6.165,$ $p < .05$
Interakt.	$F(4, 28) = 1.224,$ $p = .323$	$F(4, 28) = 0.745,$ $p = .570$	$F(4, 28) = 0.721,$ $p = .583$	$F(4, 36) = 2.296,$ $p = .084$
Pearson	$r = .341$	$r = .409$	$r = .613$	$r = .422$
Graphik	---	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	parallel aufsteigend *
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	nicht eindeutig *

Tabelle 79

Resultate von Experiment 2.4., Versuchsreihe B, Tau-Effekt, Kombination 4 (horizontale Ausrichtung, Darbietungsbeginn unten links)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 14) = 6.640,$ $p < .05$	$F(2, 18) = 21.297,$ $p < .001$	$F(2, 14) = 164.335,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 29.328,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 14) = 0.070,$ $p = .933$	$F(2, 18) = 0.658,$ $p = .533$	$F(2, 14) = 1.946,$ $p = .172$	$F(2, 18) = 0.662,$ $p = .531$
Interakt.	$F(4, 28) = 1.472,$ $p = .237$	$F(4, 28) = 0.443,$ $p = .777$	$F(4, 28) = 2.174,$ $p = .092$	$F(4, 36) = 1.561,$ $p = .212$
Pearson	$r = .296$	$r = .311$	$r = .493$	$r = .509$
Graphik	---	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 80

Resultate von Experiment 2.4., Versuchsreihe B, Tau-Effekt, Kombination 5 (vertikale Ausrichtung, Darbietungsbeginn unten links)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 14) = 1.409$ , $p = .277$	$F(2, 14) = 19.654$ , $p < .001$	$F(2, 14) = 121.494$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 12.331$ , $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 14) = 3.723$ , $p = .051$	$F(2, 14) = 0.481$ , $p = .628$	$F(2, 14) = 0.522$ , $p = .602$	$F(2, 18) = 1.128$ , $p = .351$
Interakt.	$F(4, 28) = 4.110$ , $p < .05$	$F(4, 28) = 0.440$ , $p = .779$	$F(4, 28) = 0.434$ , $p = .783$	$F(4, 36) = 4.068$ , $p < .05$
Pearson	$r = .221$	$r = .221$	$r = .617$	$r = .753$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 81

Resultate von Experiment 2.4., Versuchsreihe B, Tau-Effekt, Kombination 6 (diagonale Ausrichtung, Darbietungsbeginn unten links)

Altersklasse	Kinder		Erwachsene	
Bedingung	2	4	2	4
HE Raum	$F(2, 14) = 2.882$ , $p = .090$	$F(2, 14) = 5.704$ , $p < .05$	$F(2, 14) = 139.173$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 61.410$ , $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 14) = 8.427$ , $p < .05$	$F(2, 14) = 0.793$ , $p = .472$	$F(2, 14) = 0.870$ , $p = .436$	$F(2, 18) = 0.502$ , $p = .616$
Interakt.	$F(4, 28) = 1.167$ , $p = .346$	$F(4, 28) = 0.540$ , $p = .707$	$F(4, 28) = 4.435$ , $p < .05$	$F(4, 36) = 0.114$ , $p = .977$
Pearson	$r = .393$	$r = .120$	$r = .443$	$r = .175$
Graphik	---	---	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

## 5.5. Allgemeine Diskussion Versuchsreihe B

In Versuchsreihe B wurden insgesamt 160 Versuchspersonen untersucht. Die folgende Diskussion umfasst insgesamt vier Experimente an je zwei Bedingungen und zwei Altersklassen. Zur besseren Übersicht wird sie deshalb in folgende Subkapitel unterteilt: Als erstes soll ein globaler Vergleich der zwei Altersklassen und der zwei getesteten Effekte gemacht werden. Danach soll der Einfluss des Darbietungsstartpunktes und der damit verbundenen (fixen oder flexiblen) Position des Skalennullpunktes diskutiert werden. Und zuletzt soll eine Methodenkritik als Übergang zu Versuchsreihe C genutzt werden.

**Alters- und Effektvergleich.** Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass Erwachsene besser abschneiden als Kinder. Besser heisst in diesem Kontext, dass Erwachsene nur die erfragte Dimension beachtet haben, ohne sich durch die zweite Dimension beeinflussen zu lassen. Kinder produzierten hingegen, vor allem in Kappa-Aufgaben (Experiment 2.1. und 2.2.) aber auch in bestimmten Tau-Aufgaben (vor allem Experiment 2.4.), chaotische Antwortmuster. Diese nicht interpretierbaren Graphen scheinen darauf hinzudeuten, dass Kinder keine der zwei Dimensionen beachten können. Die Befunde der Tau-Experimente widerlegen aber diese unplausible Vermutung. Vielmehr scheint das Problem auf der Ebene des Antwortformates zu liegen; namentlich ist es für Kinder besonders schwierig, Zeitintervalle anhand einer räumlichen Skala zu beurteilen. Versuchsreihe C wird zeigen, ob Kappa-Aufgaben besser lösbar sind, wenn statt einem kognitiven Urteil eine motorische Handlung, also die Reproduktion des wahrgenommenen Zeitintervalls, gefragt ist. Nichtsdestotrotz sollen die Daten der Kinder in dieser Diskussion zum Anlass genommen werden, um nochmals an Kapitel 4.3.3. anzuknüpfen.

Gemäss Separabilitäts-Hypothese von Shepp (1978) müssten Kinder durchwegs effektkonforme Urteile liefern, weil sie nicht fähig sind, eine einzelne Dimension wahrzunehmen. Shepp postulierte eine holistische Wahrnehmung, in der sich alle Dimensionen vermengen. In Bezug auf die hier durchgeführten Experimente würde dies heissen, dass perfekte Tau- und perfekte Kappa-Effekte resultieren müssten, weil immer sowohl Raum als auch Zeit beachtet werden würden. Gemäss Piaget (1970) müssten Kinder hingegen durchwegs korrekt antworten, weil sie nur eine Dimension beachten können. Sie wären für den Effekt also nicht anfällig und würden ihre Raum- und Zeiturteile immer nur auf die jeweils erfragte, weil salientere, Dimension stützen.

Das Tau-Experiment 2.4. zeigt in diesem Zusammenhang aber auf, dass die Charakteristiken der Versuchsbedingungen für die unterschiedlichen Urteile der

Versuchspersonen verantwortlich sind. Namentlich antworten die Kinder in der Bedingung ohne Bewegungsinduzierung, ausser in einem Fall, immer vollkommen chaotisch, so dass die Vektorgraphiken nicht interpretierbar sind. Wird hingegen Bewegung induziert, lösen sie die Aufgabe, wieder ausser in einem Fall, immer korrekt. Sprich, sie achten nur auf die erfragte Dimension Raum, nicht aber auf das ebenfalls dargebotene zeitliche Intervall. Die Bewegungsinduzierung führt also nicht zum Effekt, sondern zu korrekten Antworten. Die Erwachsenen produzieren bereits in allen Fällen von Bedingung 2 (also der Bedingung ohne Bewegungsinduzierung) korrekte Resultate. Wird in dieser Altersklasse zusätzlich eine Bewegung induziert, antworten die Probanden in zwei von sechs Fällen gemäss Effekt. Die Induzierung von Bewegung scheint also bei Kindern die erfragte Dimension salienter zu machen, bei Erwachsenen scheint diese Dimension hingegen zu verblassen. Hervorzuheben ist aber, dass explizit nur von einer Tendenz gesprochen werden kann, da dieses effektkonforme Urteilen bei den Erwachsenen nur in einem Drittel der Fälle vorkommt.

Bei den Kindern ist der Unterschied hingegen deutlicher. Wo die genaue Ursache zu finden ist, kann aufgrund der zwei getesteten Bedingungen nicht ermittelt werden. Es kann sowohl an der verbalen Instruktion, an der Farbe der Stimuli oder an der akustischen Untermalung der Darbietung liegen; oder aber selbstverständlich an einer Mischung der genannten Möglichkeiten. Anhand der Befunde von Algorn und Cohen-Raz (1984, 1987) wurde in einem anderen Kontext bereits die Möglichkeit skizziert, dass die Darbietung von Informationen auf mehreren Kanälen zu einer Zerlegung der einkommenden Inhalte führen kann. In diesem Falle könnte der erfragte, visuell dargebotene, räumliche Abstand stärker gewichtet worden sein, weil ein anderes, gleichzeitig eintreffendes und faktisch nicht informationsgewinnbringendes Signal (sprich, der Begleitton) aktiv überlagert werden musste. Die korrekten, nicht effektgeleiteten Antworten könnten somit als Folge dieser erhöhten Aufmerksamkeitsleistung auf die erfragte Dimension entstanden sein. Was bei Erwachsenen im Falle von kontroversen Geschwindigkeitsinformationen aufzutreten scheint (Experiment 1.2.), würde demzufolge bei Kindern bereits auf einer früheren Ebene eintreffen. Also namentlich nicht wie bei den Erwachsenen erst bei Widersprüchlichkeit zweier Signale, sondern schon bei dessen schlichten Vorhandensein. Diese Annahme ist aber spekulativ und muss noch empirischer Überprüfung standhalten.

***Darbietungsstartpunkt und Skalennullpunkt.*** In der methodischen Einführung der vorliegenden Arbeit wurde bereits die spezielle Rolle des oberen linken Gesichtsfeld hervorgehoben (für eine Übersicht siehe Latimer et al., 2000). So hat beispielsweise Howe (1963) festgestellt, dass der oberen Hälfte des Bildschirms bei Mustererkennung eine stärkere Beachtung geschenkt wird, als der unteren Hälfte (vgl., Brandt, 1940, 1941).

Noch präziser wird das Wahrnehmungsfeld von Levy-Schoen (1973) eingeteilt, die eine generelle Bevorzugung des linken oberen Bildschirmviertels postuliert. Dass dies besonders im Rahmen von Leseverhalten und Worterkennung der Fall ist (McConkie & Rayner, 1975; Mishkin & Forgays, 1952; Rayner & Pollatsek, 1987), ist sicherlich durchaus einleuchtend. So sind von den drei am stärksten verbreiteten Schriftsystemen der Welt zwei linksbündig, namentlich die – auch hier verwendete – Lateinische Schrift und die Kyrillische Schrift, während nur die Arabische Schrift rechtsbündig ist. Andere weit verbreitete Schriftsysteme wie die klassische Chinesische Zeichenschrift oder das Japanische Kanji schreiben sich von oben nach unten, auch in diesen Fällen aber auf der linken Seite beginnend (vgl., Diringer & Minns, 2008). Demzufolge ist man verleitet anzunehmen, dass für die Probanden der eigenen Untersuchungen die horizontale Bewegungsrichtung von links nach rechts kanonischeren Charakter hat, als jene von rechts nach links.

Der Begriff *kanonische Ansicht* wurde ursprünglich von Bülthoff (Tarr & Bülthoff, 1999) geprägt und besagt, dass statische Objekte nicht in jeder Ansicht gleich schnell erkannt werden. Vielmehr existiert von jedem Objekt eine charakteristische Ansicht, wobei neue kanonische Ansichten durch Training erworben werden können. So haben beispielsweise Palmer, Rosch und Chase (1981) anhand der Reaktionszeiten bei der Erkennung verschiedenster Tiere und Objekte deren kanonische Ansicht definiert (Abbildung 72).



Abbildung 72. Das linke Bild zeigt die kanonische Ansicht eines Pferdes, das mittlere und das rechte Bild zeigen Beispiele nicht kanonischer Ansichten (Palmer et al., 1981, S. 142).

In der vorliegenden Arbeit wird dieser Terminus nicht für etwas statisches, sondern für eine Bewegungsrichtung verwendet. Hierbei wird die Vermutung gewagt, dass die Bewegung von links nach rechts deshalb als kanonisch bezeichnet werden kann, weil sie dem linksbündigen und rechtsgerichteten Lateinischen Schriftsystem entspricht, das die Versuchspersonen verwenden. Die hier durchgeführten Experimente haben zwar nicht das Geringste mit Lese- oder Schreibverhalten zu tun, zeigen aber, dass die Darbietungsrichtung, vor allem im Kindesalter, eine Rolle spielen kann.

In den Vorversuchen war der Nullpunkt der Skala, unabhängig von der

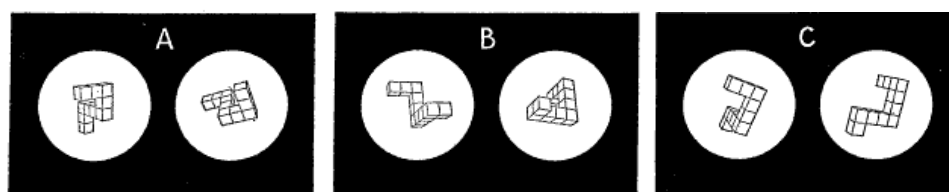
Darbietungsrichtung, immer auf der linken Seite. Dies führte sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen immer dann zu chaotischen Urteilen, wenn die Darbietung auf der rechten Seite des Computerbildschirmes ihren Anfang fand. In den Experimenten 2.2. und 2.4. von Versuchsreihe B passte sich die Urteilsskala der Darbietungsrichtung wiederum an. Diese Massnahme reicht bei den Erwachsenen offenbar aus, um interpretierbare Resultate zu erwirken. Die Kinder produzieren hingegen nur bei Tau-Aufgaben mit Startpunkt ausschliesslich auf der linken Bildschirmseite (Experiment 2.3.) interpretierbare Daten. Bei Tau-Aufgaben mit Startpunkt auf der linken oder der rechten Bildschirmseite (Experiment 2.4.) sind die Daten der Kinder hingegen uninterpretierbar. Interessanterweise sind innerhalb von Experiment 2.4. auch die Resultate jener Darbietungen chaotisch, die auf der linken Seite beginnen (also Kombination 4, Kombination 5 und Kombination 6). Die Verwirrung, die durch den Darbietungsbeginn auf der rechten Seite gestiftet wird, überträgt sich somit auch auf die restlichen Darbietungen. Dies betrifft, wie bereits im Rahmen des Altersvergleiches berichtet, die Bedingung ohne Bewegungsinduzierung stärker als die Bedingung mit Bewegungsinduzierung. Namentlich sind in Bedingung 4 die Resultate nicht nur bei den Erwachsenen, sondern auch bei den Kindern, geordneter.

Wie ein Vergleich von Experiment 2.2. und Experiment 2.4. zeigt, schneiden die Kinder in Tau-Aufgaben, deren Nullpunkt sich dem Darbietungsstartpunkt anpasst, besser ab als in Kappa-Aufgaben mit variablem Nullpunkt. Da das Kappa-Experiment mit fixem Nullpunkt (Darbietungsbeginn nur auf der linken Bildschirmseite) ebenfalls etwas bessere Resultate zeigt, als jenes mit variablem Nullpunkt (Darbietungsbeginn auf der linken und auf der rechten Bildschirmseite), kann dieser Unterschied nicht nur auf die geprüfte Dimension zurückgeführt werden. Wir erinnern uns, dass sich der Nullpunkt der Skala in den Vorversuchen, unabhängig vom Darbietungsbeginn, immer auf der linken Seite befand, so dass in bestimmten Fällen die Urteilsabgabe erst nach mentaler Rotation und so genannter ‚Normalisierung‘ der Darbietung in Bezug auf die Antwortskala erfolgen konnte (Kapitel 4.1.3.). Von mentaler Rotation im engsten Sinne kann aber in der hier diskutierten Versuchsreihe nicht mehr die Rede sein, weil sich der Nullpunkt der Skala in allen Fällen auf derselben Seite befand wie der Darbietungsbeginn. Trotzdem spielt die Darbietungsrichtung, vor allem für Kinder, eine besondere Rolle.

Das Primat des linken Gesichtsfeldes und der rechtsgerichteten Bewegung wurden bereits im Lichte von Lese- und Schreibgewohnheiten angedeutet. Dass aber gerade Zeiturteile Schwierigkeiten bereiten, wenn sie sozusagen in der nicht-kanonischen Bewegungsrichtung von rechts nach links erfolgen, ist erstaunlich. Grundsätzlich ist mentale Rotation dann erforderlich, wenn die dargebotene Distanz nicht die gleiche



Position im Raum inne hat wie die Urteilsskala, auf die sie abgetragen werden soll. Notabene, ist von ‚Position im Raum‘ die Rede. Mentale Rotation ist ein Konzept, dass sich auf Objekte bezieht, die durch die Achsen der Dreidimensionalität definiert werden. Eine Zeitkomponente, die oftmals als vierte Dimension bezeichnet wird (vgl., Friedman, 1990), ist darin nicht enthalten – die Inhalte klassischer Aufgaben zur mentalen Rotation sind also statisch (Shepard & Metzler, 1971; Cooper & Shepard, 1973). Ist in diesem Zusammenhang doch von dynamischen Figuren die Rede, sind damit farbige, dreidimensionale Stimuli gemeint. Larson (1996) will damit einzig eine begriffliche Differenzierung zu den üblicherweise verwendeten Stimuli hervorheben, die in Graustufen auf Papier gedruckt und somit zweidimensional sind (Abbildung 73).



*Abbildung 73.* Von Shepard und Metzler (1971, S. 702) verwendete Figurenpaare, bei denen zu bestimmen ist, ob sie gleich sind oder nicht.

Die verwendeten Begriffe deuten bereits an, in welche Richtung das folgende Gedankenexperiment gehen will. Zu erwarten wäre faktisch, dass eine Veränderung der räumlichen Information, sei es beispielsweise aufgrund mentaler Rotation oder aufgrund der veränderten räumlichen Ausrichtung der Darbietung, zu unpräzisen Urteilen führt. Dies ist aber nicht der Fall. Die Anpassung des Nullpunktes der Urteilsskala reicht bei Tau-Aufgaben aus, um präzise (also effektfreie) Urteile zu evozieren. Die bei Kappa-Aufgaben erfragten Zeiturteile erweisen sich wiederum aber nur dann als geordnet und interpretierbar, wenn die kanonische Darbietungsrichtung zum Zuge kam. Dies müsste aber nicht der Fall sein, wenn die Dimension Zeit keine räumlichen Anteile hätte. Namentlich stellt sich die Frage, warum räumliche Charakteristiken einer Darbietung oder des damit verbundenen Antwortformates einen Einfluss auf zeitgebundene Informationen haben sollten. Zeit ist zwar ein quantifizierbares, aber trotzdem abstraktes Konstrukt. Das bei Kappa-Aufgaben erfragte Zeitintervall wird zwar mittels Urteilsskala konkretisiert und sozusagen verräumlicht, es verändert seine Grundcharakteristik aber trotzdem nicht. Dass Zeiturteile schwierig sind, wenn sie in räumliche Parameter gezwängt werden, ist durchaus nachvollziehbar und deutet darauf hin, dass Zeit und Raum zwei getrennte Konzepte sind. Dass aber zusätzliche Schwierigkeiten entstehen, wenn die erzwungene Räumlichkeit der Zeitintervalle, sozusagen durch die Entkanonisierung der räumlichen

Darbietungsrichtung, zusätzlich erhöht wird, ist wiederum ein Hinweis, dass die Dimension Zeit doch nicht für sich alleine steht. Oder anders betrachtet, deutet dies darauf hin, dass der Mensch den Abstraktionsgrad der Zeitdimension zu verringern versucht, indem er ihr sozusagen ein räumliches Kleid verpasst, um sie auf diese Weise konkreter zu machen. Selbstverständlich kann aber nur die Empirie die Plausibilität der eben skizzierten Ausführungen belegen.

**Methodenkritik und Ausblick.** Die Hypothese der Kanonizität der Schriftrichtung mag angesichts des Alters der untersuchten Kinder plausibel klingen, da in der ersten Schulklasse das Lesen und Schreiben einen grossen Teil der Unterrichtszeit in Anspruch nimmt. Unter Umständen muss aber nicht so weit gegangen werden, um eine Erklärung der stark altersabhängigen Resultate zu finden. Namentlich zeigten die Kinder im Laufe der Datenerhebung grosse Schwierigkeiten bei der Wahl der korrekten Skala. In Experiment 2.2. und 2.4. waren beide Skalen auf dem Antwortblatt abgedruckt und die Probanden mussten selbständig die richtige auswählen. Nicht selten hatten aber die Kinder die Tendenz, immer dieselbe Skala (namentlich jene mit dem Nullpunkt auf der linken Seite) oder die Skala benutzen zu wollen, die sie im vorangehenden Trial bereits verwendet hatten. Demzufolge mussten sie in ihrer Antwortgabe oft auf die richtige Skala hingewiesen werden. Das Problem könnte also nicht auf der Ebene der Bewegungsrichtung, sondern auf der Ebene des Transfers des kognitiven Urteiles auf die richtige Skala zu finden sein; in diesem Sinne quasi ein Problem der Aufmerksamkeit.

An anderen Stellen der vorliegenden Arbeit wurden die Schwierigkeiten bereits erläutert, die bei Zeiturteilen von der stufenlosen Skala ausgehen. In der laufenden Diskussion wurden diese methodischen Bedenken durch einen weiteren Aspekt, namentlich der Sensibilität der Probanden im Hinblick auf die Richtung der Darbietung bei Zeiturteilen, ergänzt. Daran anlehnend sollen in Versuchsreihe C zwei Sachverhalte getestet werden. Auf der einen Seite gilt es anhand bewährter Methoden zu prüfen, ob mit den hier verwendeten Stimuli die zu erwartenden Kappa-Effekte überhaupt verlässlich evoziert werden können. Mit bewährter Methode ist die zeitliche Reproduktion des wahrgenommenen Intervalls anhand einer Taste gemeint, wie es Price-Williams (1954) mit einer Morsetaste bereits getan hat. Damit soll auch geklärt werden, ob es einen Unterschied zwischen einer Handlung, also der Reproduktion eines Zeitintervalls, und einem Urteil, wie es im Zuge der bis anhin vorgestellten Experimente gefordert wurde, gibt. Des Weiteren soll das eben diskutierte Problem der vermeintlichen Räumlichkeit von Zeiturteilen experimentell sozusagen verspiegelbildlicht werden. Namentlich sollen anhand einer Taste auch Raumurteile erfragt werden; wie dies funktioniert, wird im nächsten Kapitel erläutert.

## 6. VERSUCHSREIHE C: ANTWORT MITTELS TASTE

Wie in der methodischen Einführung (Kapitel 3.3.3.) bereits geschildert, sollten die Probanden dieser letzten Versuchsreihe nach dem Verschwinden des jeweils zweiten Stimulus, ergo nach dem Ende eines Trials, ihr Zeit- oder Raumurteil mittels Niederdrücken der Leertaste der Computertastatur abgeben. Im Rahmen des Kappa-Effekts wurden sie instruiert die Taste so lange wie das zeitliche Intervall selbst gedrückt zu halten. Diese Prozedur ist mit dem Drücken der Morsetaste im Experiment zum Kappa-Effekt von Price-Williams (1954) vergleichbar. Wesentlicher Unterschied war aber, dass die Darbietungen, wie in den bisherigen Experimenten, verschiedene Startpunkte und Ausrichtungen haben konnten, die den Probanden im vorhinein nicht bekannt waren. Wie die Resultate zeigen, ist diese Unterscheidung von massgebender Bedeutung.

Im Rahmen von Tau-Aufgaben erschien, je nach Startpunkt der Darbietung, auf der linken oder der rechten Seite des Bildschirmes ein vertikaler Strich (50 Pixel, ca.  $1.5^\circ$ ). Dieser hatte dieselbe Dimension und dieselbe Position wie der vertikale Strich, der bei der digitalen Antwortskala von Versuchsreihe A den Nullpunkt markierte. Sobald eine Versuchsperson die Leertaste der Computertastatur niederdrückte (die Druckkraft spielte keine Rolle), begann sich von dort aus ein horizontaler Strich aufzubauen, der mit der stufenlosen Skala verglichen werden kann. Je nach vorangehender Darbietungsrichtung baute sich dieser Strich nun ebenfalls von links nach rechts oder von rechts nach links auf (in diesem Sinne hatte der vertikale Strich auch hier die Funktion der Nullpunktanzeige). Sobald die Versuchsperson die Leertaste wieder losliess, stoppte der horizontale Strich sozusagen sein Wachstum. Die Probanden wurden instruiert die Taste jeweils so lange gedrückt zu halten, bis der erscheinende Strich die Länge des dargebotenen räumlichen Abstandes angenommen hatte. Die Aufbaurrate des Striches konnte per Voreinstellung entweder auf 0.02 Millimeter oder auf 0.08 Millimeter pro Millisekunde festgelegt werden (sprich 20 respektiv 80 Millimeter pro Sekunde).

Tabelle 82

*Benötigte Zeit um in Tau-Experimenten von Versuchsreihe C die drei räumlichen Abstände korrekt zu reproduzieren (geordnet nach Aufbaurrate)*

räumliche Distanz (in Zentimeter und Sehwinkelgrad)	langsame Aufbaurrate 20 Millimeter/Sekunde	schnelle Aufbaurrate 80 Millimeter/Sekunde
klein ( $5.7\text{ cm}/4.06^\circ$ )	2.9 Sekunden	0.7 Sekunden
mittel ( $11.4\text{ cm}/8.11^\circ$ )	5.7 Sekunden	1.4 Sekunden

gross (17.1 cm/12.17°)

8.6 Sekunden

2.1 Sekunden

Tabelle 82 gibt pro Aufbaurrate die Zeitspanne wieder, die für die Reproduktion der drei räumlichen Intervalle (5.7 cm/4.06°, 11.4 cm/8.11° und 17.1 cm/12.17°) benötigt wurde. Abbildung 74 stellt den Ablauf einer solchen Antwort wiederum schematisch dar: T0 und T1 geben die zwei Stimuli pro Trial wieder (dazwischen ist bekanntlich ein zeitlicher Intervall von 600, 1200 oder 1800 ms). Mit dem Verschwinden des zweiten Stimulus erschien der Nullpunkt der Skala auf derselben Seite wie der erste Stimulus der Darbietung (T0; in diesem Falle also links). Sobald der Proband die Leertaste niederdrückte, begann sich ein horizontaler Strich gemäss der voreingestellten Aufbaurrate in Darbietungsrichtung zu verlängern. Der Proband sollte die Leertaste erst loslassen, wenn der horizontale Strich dieselbe Länge angenommen hatte, wie die zuvor dargebotene räumliche Distanz. Hierzu zeigt T4 die korrekte, nicht vom zeitlichen Intervall beeinflusste, Antwort für die Distanz T0/T1.<sup>19</sup>

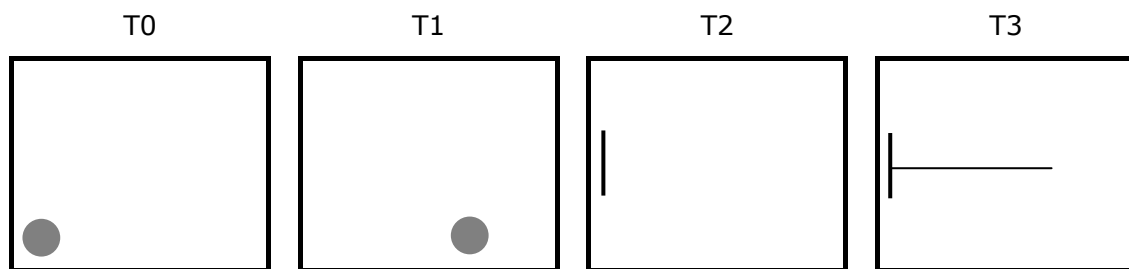


Abbildung 74. Chronologischer Ablauf eines Tau-Experiments im Rahmen von Versuchsreihe C.

In Folge wird in den Methodenteilen der einzelnen Experimente lediglich auf diese Einführung verwiesen. Zudem sollen exemplarisch nur Resultate jener Tau-Experimente vorgestellt werden, die mit der langsameren Aufbaurrate des Urteilsstriches erzielt wurden (sprich, 20 Millimeter pro Sekunde). Auch sollen anstelle einzelner Diskussionen zu beiden Experimenten beide Versuche gemeinsam diskutiert und analysiert werden.

<sup>19</sup> Anzumerken ist, dass in Kappa-Experimenten kein Strich sichtbar war; die Probanden sollten einzig die Leertaste (im besten Fall während 600, 1200 oder 1800 ms) gedrückt halten. Ansonsten sind die Antwortformate für beide Dimensionen aber identisch. In beiden Fällen leitete das Fixationskreuz, nach Abgabe eines Urteils, den jeweils nächsten Trial ein (siehe auch Tabelle 4 von Kapitel 3.2.).

### **6.1. Experiment 3.1. (Kappa-Effekt): Vierfache Variation der Bewegungsinduzierung bei Erwachsenen**

Price-Williams (1954) liess seine Probanden das dargebotene Zeitintervall anhand einer Morsetaste reproduzieren, in der eigenen Untersuchung benutzten die Versuchspersonen hierfür die Leertaste. Im Gegensatz zur erwähnten Studie war ihnen nun aber nicht bekannt, welche Ausrichtung die Darbietung haben würde. Methodische Angaben finden sich in Kapitel 3.2. und Kapitel 3.3. sowie in der vorangehenden Einleitung.

#### **6.1.1. Methode**

Die Probanden wurden nach dem Zufallsprinzip in vier Gruppen eingeteilt. Bedingung 2L entspricht im Grundsatz Bedingung 2 der bisherigen Experimente, namentlich der Darbietung von zwei vermeintlich unbewegten Stimuli. Die zwei Reize hatten zwei verschiedene Farben (rot und blau) und deren Darbietung wurde jeweils von verschiedenen Tönen begleitet (220 Hz und 440 Hz; siehe Kapitel 3.2.). Der Beginn der Darbietung konnte sich in der linken oberen oder linken unteren Bildschirmecke befinden.

Bedingung 4L entspricht im Grundsatz Bedingung 4 der bisherigen Experimente, also der Darbietung eines vermeintlich bewegten Stimulus, der an zwei verschiedenen Stellen der Darbietungsfläche sichtbar wird. Namentlich sahen die Probanden einen roten Stimulus an zwei verschiedenen Orten, wobei vom Erscheinen des ersten bis zum Verschwinden des zweiten Stimulus ein einziger, unveränderter Ton mit einer Frequenz von 220 Hertz zu hören war. Auch hier fungierte die linke obere oder die linke untere Bildschirmecke als Beginn der Darbietung. Die Bedingungen 2B und 4B waren analog zu den zwei eben vorgestellten Bedingungen, nur dass nun die linke untere sowie die rechte obere Bildschirmecke in je der Hälfte der 108 Trials als Darbietungsstartpunkt diente (siehe beispielsweise auch Experiment 2.2. von Versuchsreihe B).

Die Versuchspersonen sollten in allen vier Bedingungen, jeweils nach jeder Darbietung, das wahrgenommene Zeitintervall durch Drücken der Leertaste reproduzieren. Verwendet wurde bei vermeintlich bewegten Stimuli (Bedingung 4L und 4B) die Metapher des fahrenden Autos und bei vermeintlich unbewegten Stimuli (Bedingung 2L und 2B) die Metapher der Synchronturnspringer. Es muss aber ausdrücklich hinzugefügt werden, dass nicht der zeitliche Erscheinungsmoment der zwei Stimuli, also sozusagen den Rhythmus der Darbietung, sondern das dazwischen liegende Intervall reproduziert werden sollte.

**Versuchspersonen.** Insgesamt nahmen 40 erwachsene Versuchspersonen an Experiment 3.1. teil, die zufällig in eine der vier Bedingungen eingeteilt wurden. Tabelle 83 gibt die Altersangaben und die Geschlechterverteilung pro Bedingung und im Gesamten wieder. Auf die Händigkeit der Versuchspersonen wurde, im Gegensatz zu den vorangehenden Experimenten, nicht geachtet. Wichtig war einzig, dass alle ein gutes Sehvermögen hatten, wenn nötig erreicht durch ein Hilfsmittel (Brille oder Kontaktlinsen).

Tabelle 83

*Altersangaben und Geschlechterverteilung in Experiment 3.1., Versuchsreihe C, Kappa-Effekt, vierfache Variation der Bewegungsinduzierung bei Erwachsenen*

Startpunkte und Bedingung		Geschlechtervert. w/m (Gesamt)	Durchschnittsalter (yy;mm)	Altersbereich (yy;mm – yy;mm)
- links oben	2L	8/2 (10)	32 ; 06	22 ; 00 – 54 ; 06
- links unten	4L	9/1 (10)	24 ; 07	21 ; 06 – 26 ; 11
- rechts oben	2B	5/5 (10)	28 ; 08	22 ; 03 – 46 ; 07
- links unten	4B	5/5 (10)	26 ; 02	22 ; 00 – 31 ; 06
		27/13 (40)	28 ; 00	22 ; 00 – 54 ; 06

**Anmerkung:** Die Abkürzungen 2L und 4L stehen für die Bedingungen mit Beginn ausschliesslich auf der linken Seite des Computerbildschirmes. Die Abkürzungen 2B und 4B stehen für die Bedingungen mit beidseitigem Beginn.

### 6.1.2. Resultate

Das Kappa-Experiment von Versuchsreihe C offenbart teilweise die erwarteten Effekte. So zeigt beispielsweise Abbildung 75 im Rahmen der nicht bewegten Bedingung 2L sowohl aufgrund der graphischen Muster als auch aufgrund der statistischen Kennwerte einen Kappa-Effekt; Haupteffekt Raum,  $F(2, 18) = 5.914$ ,  $p < .001$ , Haupteffekt Zeit  $F(2, 18) = 27.898$ ,  $p < .001$  und Interaktion  $F(4, 36) = 1.594$ ,  $p = .197$  (Kombination 1, Tabelle 84). Global sind aber zwischen den vier Bedingungen und zwischen den jeweils sechs Kombinationen der einzelnen Bedingungen keine Unterschiede feststellbar. So verzeichnete beispielsweise sowohl die bewegungsinduzierte Bedingung mit Startpunkt in der linken unteren und in der linken oberen Bildschirmecke (Bedingung 2L respektiv 4L), als auch die bewegungsinduzierte Bedingung mit Startpunkt in der linken unteren und in der rechten oberen Bildschirmecke (Bedingung 2B respektiv 4B) nur je ein Mal uninterpretierbare Resultate. In beiden Fällen handelte es sich hierbei um Kombinationen, die von links nach rechts verliefen und vermeintlich einfacher sein sollten (Kombination 5 respektiv Kombination 6).

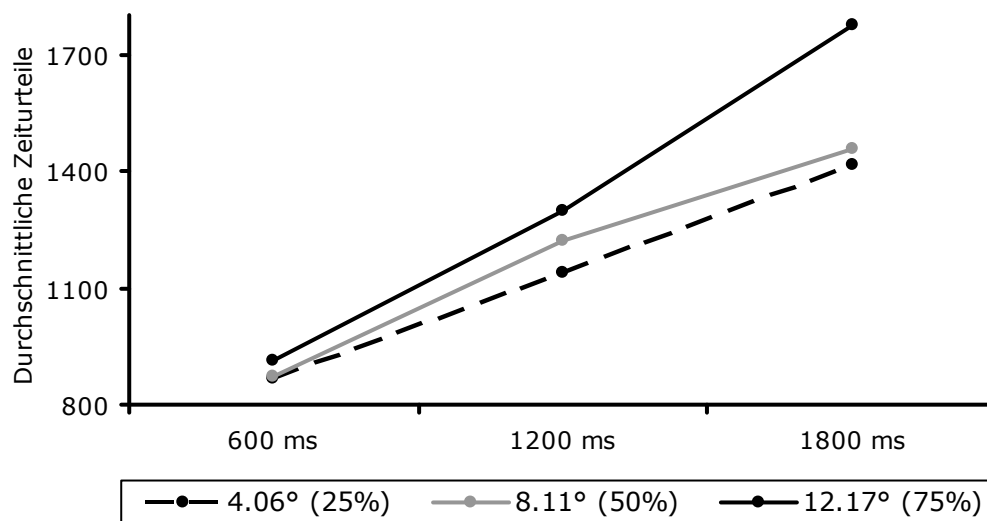


Abbildung 75. Resultat von Experiment 3.1., Versuchsreihe C, Kappa-Effekt, Bedingung 2L (keine Bewegungsinduzierung: zwei Farben, zwei Töne), Beginn oben links/horizontale Ausrichtung (Kombination 1).

Abbildung 76 und Abbildung 77 zeigen auf der anderen Seite exemplarisch auf, was unter der Kategorie ‚nicht eindeutig‘ zu verstehen ist. Diese zwei Beispiele sollen in Folge kurz kommentiert werden, da sie in der ganzen Versuchsreihe vorkommen.

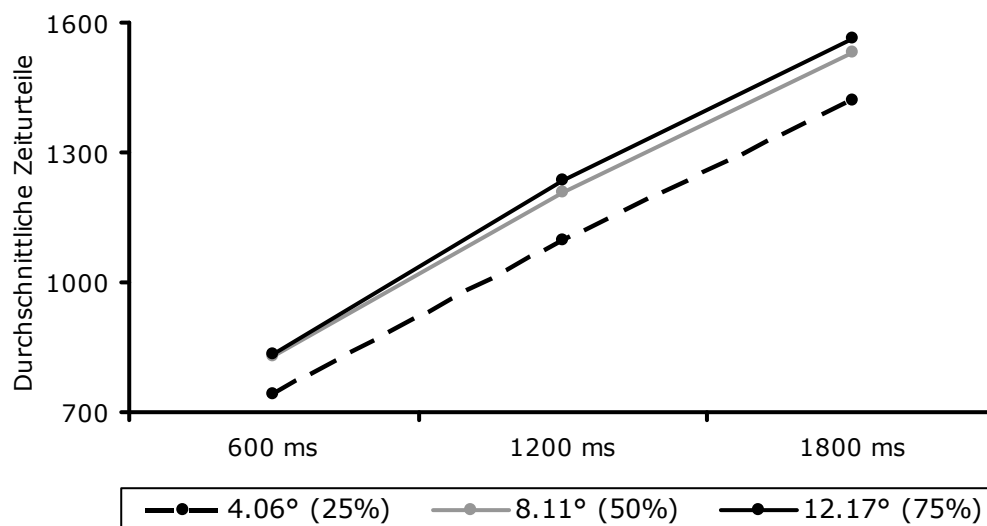


Abbildung 76. Resultat von Experiment 3.1., Versuchsreihe C, Kappa-Effekt, Bedingung 4L (keine Bewegungsinduzierung: zwei Farben, zwei Töne), Beginn unten links/horizontale Ausrichtung (Kombination 4).

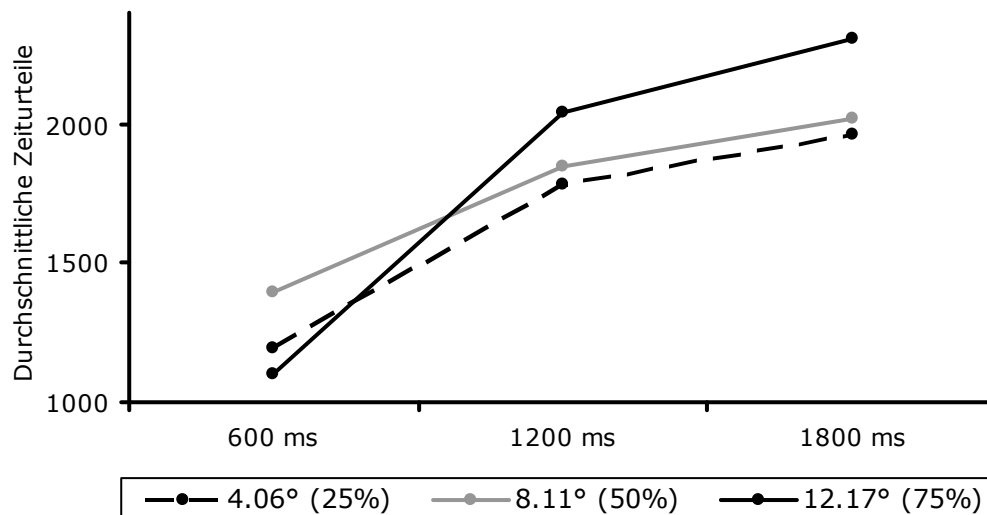


Abbildung 77. Resultat von Experiment 3.1., Versuchsreihe C, Kappa-Effekt, Bedingung 4L (Bewegungsinduzierung: eine Farbe, ein Ton), Beginn oben links/vertikale Ausrichtung (Kombination 2).

Abbildung 76 (Kombination 4 von Experiment 3.1.) zeigt ein graphisches Muster, das in anderen Kontexten als ‚partieller Effekt‘ bezeichnet wurde. Die Vektoren der zwei grösseren räumlichen Abstände (8.11° und 12.17°) überlappen sich fast vollkommen. Hierbei kann auch aufgrund der statistischen Kennwerte nicht von einem reinen Kappa-Effekt gesprochen werden, da zwar der Haupteffekt Zeit signifikant ist, nicht aber der Haupteffekt Raum;  $F(2, 18) = 42.501, p < .001$  respektiv  $F(2, 18) = 0.929, p = .413$ . Die Interaktion ist effektkonform nicht signifikant,  $F(4, 36) = 2.474, p = .112$  (Tabelle 87).

Abbildung 77 (Kombination 2 von Experiment 3.1.) zeigt wiederum ein graphisches Muster, das aufgrund eines einzigen Datenpunktes von einem reinen Effekt abweicht. Das grobe Gesamtbild mag zwar für einen Effekt sprechen, die statistischen Kennwerte sprechen aber dagegen. Namentlich sind zwar beide Haupteffekt effektkonform signifikant, Haupteffekt Raum,  $F(2, 18) = 1.519, p < .001$  und Haupteffekt, Zeit  $F(2, 18) = 67.459, p < .001$ , die Interaktion ist aber ebenfalls signifikant, was bekanntlich gegen einen Effekt spricht,  $F(4, 36) = 3.616, p < .05$  (Tabelle 85). Die nachfolgenden Tabellen 84 bis 89 zeigen für alle vier Bedingungen von Experiment 3.1. die statistischen Kennwerte und kommentieren zudem die entsprechenden graphischen Muster.



Tabelle 84

*Resultate von Experiment 3.1., Versuchsreihe C, Kappa-Effekt, Kombination 1*

Bedingung	2L	4L	2B	4B
Startpunkt	links oben	links oben	rechts oben	rechts oben
Ausrichtung	horizontal	horizontal	horizontal	horizontal
Bewegung	nein	ja	nein	ja
HE Raum	$F(2, 18) = 5.914,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 2.957,$ $p = .078$	$F(2, 18) = 0.170,$ $p = .845$	$F(2, 18) = 4.840,$ $p < .05$
HE Zeit	$F(2, 18) = 27.898,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 50.958,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 75.994,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 35.028,$ $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 1.594,$ $p = .197$	$F(4, 36) = 0.920,$ $p = .463$	$F(4, 36) = 1.254,$ $p = .301$	$F(4, 36) = 1.790,$ $p = .152$
Pearson	$r = .717$	$r = .717$	$r = .729$	$r = .625$
Graphik	parallel aufsteigend *	nicht eindeutig *	überlappend aufsteigend	nicht eindeutig
Effekt	Kappa-Effekt *	nicht eindeutig *	kein Kappa-Effekt	nicht eindeutig

Tabelle 85

*Resultate von Experiment 3.1., Versuchsreihe C, Kappa-Effekt, Kombination 2*

Bedingung	2L	4L	2B	4B
Startpunkt	links oben	links oben	rechts oben	rechts oben
Ausrichtung	vertikal	vertikal	vertikal	vertikal
Bewegung	nein	ja	nein	ja
HE Raum	$F(2, 18) = 0.148,$ $p = .864$	$F(2, 18) = 1.519,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 0.402,$ $p = .675$	$F(2, 18) = 0.622,$ $p = .548$
HE Zeit	$F(2, 18) = 29.991,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 67.459,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 72.449,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 70.868,$ $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 3.728,$ $p < .05$	$F(4, 36) = 3.616,$ $p < .05$	$F(4, 36) = 0.498,$ $p = .739$	$F(4, 36) = 1.816,$ $p = .147$
Pearson	$r = .641$	$r = .641$	$r = .741$	$r = .549$
Graphik	---	nicht eindeutig *	überlappend aufsteigend	nicht eindeutig
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt *	kein Kappa-Effekt	nicht eindeutig

Tabelle 86

*Resultate von Experiment 3.1., Versuchsreihe C, Kappa-Effekt, Kombination 3*

Bedingung	2L	4L	2B	4B
Startpunkt	links oben	links oben	rechts oben	rechts oben
Ausrichtung	diagonal	diagonal	diagonal	diagonal
Bewegung	nein	ja	nein	ja
HE Raum	$F(2, 18) = 0.929$ , $p = .413$	$F(2, 18) = 2.870$ , $p = .083$	$F(2, 18) = 0.634$ , $p = .542$	$F(2, 18) = 2.048$ , $p = .158$
HE Zeit	$F(2, 18) = 61.147$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 68.163$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 78.278$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 62.091$ , $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 1.051$ , $p = .395$	$F(4, 36) = 0.649$ , $p = .631$	$F(4, 36) = 0.549$ , $p = .701$	$F(4, 36) = 0.491$ , $p = .742$
Pearson	$r = .668$	$r = .668$	$r = .692$	$r = .607$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

Tabelle 87

*Resultate von Experiment 3.1., Versuchsreihe C, Kappa-Effekt, Kombination 4*

Bedingung	2L	4L	2B	4B
Startpunkt	links unten	links unten	links unten	links unten
Ausrichtung	horizontal	horizontal	horizontal	horizontal
Bewegung	nein	ja	nein	ja
HE Raum	$F(2, 18) = 2.474$ , $p = .112$	$F(2, 18) = 1.933$ , $p = .174$	$F(2, 18) = 0.486$ , $p = .623$	$F(2, 18) = 0.809$ , $p = .461$
HE Zeit	$F(2, 18) = 42.501$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 48.769$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 50.406$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 24.886$ , $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.114$ , $p = .977$	$F(4, 36) = 4.195$ , $p < .05$	$F(4, 36) = 0.731$ , $p = .576$	$F(4, 36) = 0.378$ , $p = .823$
Pearson	$r = .661$	$r = .661$	$r = .717$	$r = .656$
Graphik	nicht eindeutig *	nicht eindeutig	nicht eindeutig	überlappend aufsteigend
Effekt	nicht eindeutig *	nicht eindeutig	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

Tabelle 88

*Resultate von Experiment 3.1., Versuchsreihe C, Kappa-Effekt, Kombination 5*

Bedingung	2L	4L	2B	4B
Startpunkt	links unten	links unten	links unten	links unten
Ausrichtung	vertikal	vertikal	vertikal	vertikal
Bewegung	nein	ja	nein	ja
HE Raum	$F(2, 18) = 0.329$ , $p = .724$	$F(2, 18) = 9.946$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 1.708$ , $p = .209$	$F(2, 18) = 0.227$ , $p = .761$
HE Zeit	$F(2, 18) = 42.374$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 49.500$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 75.036$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 34.375$ , $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.569$ , $p = .686$	$F(4, 36) = 2.219$ , $p = .086$	$F(4, 36) = 1.625$ , $p = .189$	$F(4, 36) = 0.214$ , $p = .929$
Pearson	$r = .711$	$r = .711$	$r = .707$	$r = .731$
Graphik	überlappend aufsteigend	---	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

Tabelle 89

*Resultate von Experiment 3.1., Versuchsreihe C, Kappa-Effekt, Kombination 6*

Bedingung	2L	4L	2B	4B
Startpunkt	links unten	links unten	links unten	links unten
Ausrichtung	diagonal	diagonal	diagonal	diagonal
Bewegung	nein	ja	nein	ja
HE Raum	$F(2, 18) = 0.231$ , $p = .796$	$F(2, 18) = 3.126$ , $p = .068$	$F(2, 18) = 1.421$ , $p = .267$	$F(2, 18) = 2.861$ , $p = .083$
HE Zeit	$F(2, 18) = 70.385$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 48.322$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 76.904$ , $p < .001$	$F(2, 18) = 59.505$ , $p < .001$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.837$ , $p = .511$	$F(4, 36) = 0.384$ , $p = .819$	$F(4, 36) = 1.216$ , $p = .321$	$F(4, 36) = 1.320$ , $p = .281$
Pearson	$r = .622$	$r = .622$	$r = .745$	$r = .669$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	nicht eindeutig	---
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	nicht eindeutig	kein Kappa-Effekt

## 6.2. Experiment 3.2. (Tau-Effekt):

### Vierfache Variation der Bewegungsinduzierung bei Erwachsenen

Dem methodischen Prinzip aller Experimente der vorliegenden Arbeit folgend, soll auch in Versuchsreihe C für beide Effekte dasselbe Antwortformat verwendet werden. Waren es bisher Urteile auf einer stufenlosen Skala, ist es nun die Reproduktion eines räumlichen Abstandes oder eines zeitlichen Intervalls mittels einer Taste.

#### 6.2.1. Methode

Die vier Bedingungen von Experiment 3.2. entsprachen den vier Bedingungen von Tau-Experiment 3.2. und sollen hier nicht nochmals einzeln erläutert werden. Es sei einzig gesagt, dass bei vermeintlich bewegten Stimuli (Bedingung 4L und 4B) wieder die Metapher des fahrenden Autos und bei vermeintlich unbewegten Stimuli (Bedingung 2L und 2B) die Metapher der Fallschirmspringer verwendet wurde.

**Versuchspersonen.** Insgesamt nahmen 40 erwachsene Versuchspersonen an Experiment 3.1. teil, die zufällig in eine der vier Bedingungen eingeteilt wurden. Tabelle 90 gibt die Altersangaben und die Geschlechterverteilung pro Bedingung und im Gesamten wieder. Auf die Händigkeit der Versuchspersonen wurde, im Gegensatz zu den vorangehenden Versuchsreihen, nicht geachtet. Wichtig war einzig, dass alle ein gutes Sehvermögen hatten, wenn nötig erreicht durch ein Hilfsmittel (Brille oder Kontaktlinsen).

Tabelle 90

*Altersangaben und Geschlechterverteilung in Experiment 3.2., Versuchsreihe C, Tau-Effekt, vierfache Variation der Bewegungsinduzierung bei Erwachsenen*

Startpunkte und Bedingung		Geschlechtervert. w/m (Gesamt)	Durchschnittsalter (yy;mm)	Altersbereich (yy;mm – yy;mm)
- links oben	2L	6/4 (10)	33 ; 03	21 ; 02 – 46 ; 10
- links unten	4L	5/5 (10)	32 ; 01	20 ; 11 – 71 ; 11
- rechts oben	2B	7/3 (10)	32 ; 06	17 ; 02 – 72 ; 01
- links unten	4B	5/5 (10)	25 ; 01	16 ; 11 – 45 ; 06
		23/17 (40)	30 ; 09	16 ; 11 – 72 ; 01

**Anmerkung:** Die Abkürzungen 2L und 4L stehen für die Bedingungen mit Beginn ausschliesslich auf der linken Seite des Computerbildschirmes. Die Abkürzungen 2B und 4B stehen für die Bedingungen mit beidseitigem Beginn.

### 6.2.2. Resultate

Die Befunde vom Tau-Experiment 3.2. sollen in Anlehnung an die Resultate von Kappa-Experiment 3.1. vorgestellt werden. Namentlich finden sich in sechs Fällen Resultate, die mit jenen vergleichbar sind, die im vorangehenden Experiment bereits als ‚nicht eindeutig‘ kategorisiert wurden (siehe Abbildungen 75 bis 77 sowie Tabellen 91 bis 96). Abbildung 78 zeigt exemplarisch ein konkretes Beispiel aus Experiment 3.2. (Kombination 1 von Bedingung 4B). Hierbei spricht das graphische Muster, mit einer Ausnahme, für einen Effekt, die statistischen Kennwerte sprechen aber dagegen. Namentlich ist der Haupteffekt Raum effektkonform signifikant,  $F(2, 18) = 163.157$ ,  $p < .001$ , der Haupteffekt Zeit erreicht die Signifikanz aber nicht,  $F(2, 18) = 1.349$ ,  $p = .285$ . Ebenso ist auch die Interaktion effektwidrig nicht signifikant,  $F(4, 36) = 0.342$ ,  $p = .848$  (Tabelle 91).

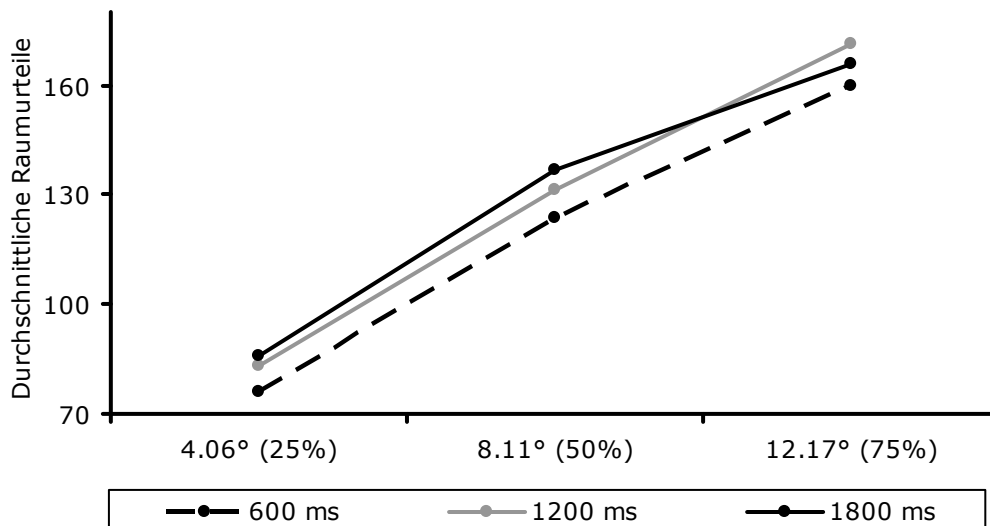


Abbildung 78. Resultat von Experiment 3.2., Versuchsreihe C, Tau-Effekt, Bedingung 4B (Bewegungsinduzierung: eine Farbe, ein Ton), Beginn oben rechts/horizontale Ausrichtung (Kombination 1).

Die restlichen 18 Kombinationen der vier Bedingungen von Experiment 3.2. zeigen hingegen überlappend aufsteigende Vektoren, die zusammen mit den jeweiligen statistischen Kennwerten eindeutig gegen einen Tau-Effekt sprechen (siehe auch Tabellen 91 bis 96). Wie im Falle vom Kappa-Experiment 3.1. sind auch in diesem Tau-Experiment keine bedingungs- oder kombinationsbezogenen Tendenzen erkennbar.

Tabelle 91

*Resultate von Experiment 3.2., Versuchsreihe C, Tau-Effekt, Kombination 1*

Bedingung	2L	4L	2B	4B
Startpunkt	links oben	links oben	rechts oben	rechts oben
Ausrichtung	horizontal	horizontal	horizontal	horizontal
Bewegung	nein	ja	nein	ja
HE Raum	$F(2, 18) = 116.696,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 109.648,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 48.370,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 163.157,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 1.475,$ $p = .255$	$F(2, 18) = 1.611,$ $p = .227$	$F(2, 18) = 0.560,$ $p = .605$	$F(2, 18) = 1.349,$ $p = .285$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.623,$ $p = .649$	$F(4, 36) = 532,$ $p = .713$	$F(4, 36) = 0.817,$ $p = .523$	$F(4, 36) = 0.342,$ $p = .848$
Pearson	$r = .282$	$r = .568$	$r = .301$	$r = .576$
Graphik	überlappend aufsteigend	nicht eindeutig	überlappend aufsteigend	nicht eindeutig *
Effekt	kein Tau-Effekt	nicht eindeutig	kein Tau-Effekt	nicht eindeutig *

Tabelle 92

*Resultate von Experiment 3.2., Versuchsreihe C, Tau-Effekt, Kombination 2*

Bedingung	2L	4L	2B	4B
Startpunkt	links oben	links oben	rechts oben	rechts oben
Ausrichtung	vertikal	vertikal	vertikal	vertikal
Bewegung	nein	ja	nein	ja
HE Raum	$F(2, 18) = 102.345,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 56.527,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 52.283,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 78.708,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 1.404,$ $p = .271$	$F(2, 18) = 1.083,$ $p = .360$	$F(2, 18) = 0.787,$ $p = .470$	$F(2, 18) = 0.156,$ $p = .856$
Interakt.	$F(4, 36) = 1.934,$ $p = .126$	$F(4, 36) = 0.391,$ $p = .813$	$F(4, 36) = 0.735,$ $p = .574$	$F(4, 36) = 0.879,$ $p = .486$
Pearson	$r = .301$	$r = .557$	$r = .453$	$r = .477$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 93

*Resultate von Experiment 3.2., Versuchsreihe C, Tau-Effekt, Kombination 3*

Bedingung	2L	4L	2B	4B
Startpunkt	links oben	links oben	rechts oben	rechts oben
Ausrichtung	diagonal	diagonal	diagonal	diagonal
Bewegung	nein	ja	nein	ja
HE Raum	$F(2, 18) = 59.756,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 47.259,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 51.000,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 54.624,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 1.940,$ $p = .173$	$F(2, 18) = 1.225,$ $p = .317$	$F(2, 18) = 0.884,$ $p = .430$	$F(2, 18) = 1.619,$ $p = .226$
Interakt.	$F(4, 36) = 1.048,$ $p = .396$	$F(4, 36) = 1.335,$ $p = .276$	$F(4, 36) = 0.817,$ $p = .523$	$F(4, 36) = 1.221,$ $p = .391$
Pearson	$r = .424$	$r = .502$	$r = .182$	$r = .554$
Graphik	nicht eindeutig	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	nicht eindeutig	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 94

*Resultate von Experiment 3.2., Versuchsreihe C, Tau-Effekt, Kombination 4*

Bedingung	2L	4L	2B	4B
Startpunkt	links unten	links unten	links unten	links unten
Ausrichtung	horizontal	horizontal	horizontal	horizontal
Bewegung	nein	ja	nein	ja
HE Raum	$F(2, 18) = 129.902,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 76.013,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 39.682,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 90.387,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 3.677,$ $p < .05$	$F(2, 18) = 3.254,$ $p = .063$	$F(2, 18) = 0.053,$ $p = .948$	$F(2, 18) = 2.245,$ $p = .135$
Interakt.	$F(4, 36) = 2.314,$ $p = .076$	$F(4, 36) = 1.264,$ $p = .302$	$F(4, 36) = 2.858,$ $p < .05$	$F(4, 36) = 1.121,$ $p = .362$
Pearson	$r = .394$	$r = .542$	$r = .177$	$r = .549$
Graphik	nicht eindeutig	nicht eindeutig	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	nicht eindeutig	nicht eindeutig	nicht eindeutig	kein Tau-Effekt

Tabelle 95

*Resultate von Experiment 3.2., Versuchsreihe C, Tau-Effekt, Kombination 5*

Bedingung	2L	4L	2B	4B
Startpunkt	links unten	links unten	links unten	links unten
Ausrichtung	vertikal	vertikal	vertikal	vertikal
Bewegung	nein	ja	nein	ja
HE Raum	$F(2, 18) = 174.693,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 116.811,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 48.693,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 152.500,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 1.074,$ $p = .362$	$F(2, 18) = 0.021,$ $p = .979$	$F(2, 18) = 0.328,$ $p = .724$	$F(2, 18) = 1.364,$ $p = .281$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.071,$ $p = .991$	$F(4, 36) = 0.290,$ $p = .883$	$F(4, 36) = 0.485,$ $p = .747$	$F(4, 36) = 0.967,$ $p = .437$
Pearson	$r = .304$	$r = .372$	$r = .135$	$r = .513$
Graphik	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt

Tabelle 96

*Resultate von Experiment 3.2., Versuchsreihe C, Tau-Effekt, Kombination 6*

Bedingung	2L	4L	2B	4B
Startpunkt	links unten	links unten	links unten	links unten
Ausrichtung	diagonal	diagonal	diagonal	diagonal
Bewegung	nein	ja	nein	ja
HE Raum	$F(2, 18) = 322.812,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 122.825,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 39.243,$ $p < .001$	$F(2, 18) = 61.410,$ $p < .001$
HE Zeit	$F(2, 18) = 1.459,$ $p = .259$	$F(2, 18) = 2.650,$ $p = .098$	$F(2, 18) = 0.918,$ $p = .417$	$F(2, 18) = 0.502,$ $p = .616$
Interakt.	$F(4, 36) = 2.211,$ $p = .087$	$F(4, 36) = 1.016,$ $p = .412$	$F(4, 36) = 2.135,$ $p = .096$	$F(4, 36) = 0.114,$ $p = .977$
Pearson	$r = .396$	$r = .524$	$r = .115$	$r = .481$
Graphik	überlappend aufsteigend	nicht eindeutig	überlappend aufsteigend	überlappend aufsteigend
Effekt	kein Tau-Effekt	nicht eindeutig	kein Tau-Effekt	kein Tau-Effekt



### **6.3. Diskussion der Experimente 3.1. und 3.2.**

Auf der einen Seite sollen in dieser Diskussion die Resultate des Kappa-Experiments 3.1. und des Tau-Experiments 3.2. von Versuchsreihe C analysiert und mit den vorangehenden Versuchsreihen verglichen werden. Auf der anderen Seite sollen diese Befunde genutzt werden, um auf grundsätzlicher Ebene zwei eng verknüpfte Probleme empirischer Forschung zu thematisieren. Namentlich zeigen die eigenen Resultate und jene der Studien, die im theoretischen Teil der vorliegenden Arbeit vorgestellt wurden, dass die vermeintlich für alle und immer geltenden Tau- und Kappa-Effekte doch gewissen Einschränkungen unterworfen sind, die nicht auf methodische Faktoren zurückzuführen sind. Einen Beitrag zu dieser Grundsatzdebatte soll, in Kurzform, anhand so genannter Aufgabendissoziationen geführt werden. Um die entsprechenden Gedankengänge zu unterstreichen, sollen im Anschluss an diese Diskussion zusätzliche Befunde aus einem Kappa-Experiment mit 7-jährigen Kindern vorgestellt werden. Diese Resultate werden dann wiederum im Lichte der so genannten *Assemblage Theory* diskutiert.

Die Befunde von Versuchsreihe C zeigen ein klareres Bild, als es jene der vorangehenden Versuchsreihen getan haben. Einerseits konnten sowohl Effekte (oder zumindest effektnahe Resultate) erzielt werden. Andererseits sind nur noch in zwei Fällen uninterpretierbare Datenmuster zu verzeichnen (hierbei handelt es sich um Kombinationen im Rahmen von Raumurteilen). Gleichzeitig muss aber, vor allem bezüglich der Zeiturteile, die geringe Zahl evozierter Effekte bemängelt werden. Dies insbesondere weil Price-Williams (1954) mit einer sehr ähnlichen Methode erfolgreich den Kappa-Effekt nachweisen konnte: Nach der Darbietung von zwei Lichtreizen, die von variablen räumlichen Abständen und von variablen zeitlichen Intervallen getrennt waren, sollten die Probanden mittels Niederdrücken einer Morsetaste das eben wahrgenommene zeitliche Intervall reproduzieren. Die Darbietungen waren immer horizontal, wobei der erste Stimulus jeweils im linken Sichtfeld erschien. Die Resultate zeigen nahezu perfekte, parallel und linear aufsteigende Vektoren (siehe auch Kapitel 3.5. der vorliegenden Arbeit). In den eigenen Erhebungen waren die zwei möglichen Startpunkte der Darbietung und die drei möglichen Ausrichtungen den Probanden zwar bekannt, welcher Startpunkt und welche Ausrichtung im jeweiligen Trial aber tatsächlich zum Zuge kommen würde, blieb ihnen aufgrund der Randomisierung indes verborgen. Als Folge dieser Variation ergeben sich zwar, wie gesagt, immer noch reine Effekte oder effektnahe Urteile, mehrheitlich werden aber die Zeiturteile von der Raumdimension nicht beeinflusst. Dieser experimentelle Befund lässt grundsätzliche Zweifel an der ausserexperimentellen Existenz der Effekte aufkommen, wie in Folge erläutert werden soll.

Im Rahmen des hier untersuchten Effekts hätte das Bewegen des Kopfes im Laufe der Darbietung ein methodisches Artefakt dargestellt. Die Sehwinkel wurden aber so gewählt, dass eine kopfbewegungsfreie Wahrnehmung der Stimuli gewährleistet war (siehe auch Kapitel 2.2.4. der vorliegenden Arbeit). Auch waren die Charakteristiken der Stimuli, wie beispielsweise die Helligkeit, so definiert, dass keine Interferenzen auftreten konnten (siehe auch Kapitel 3.2. der vorliegenden Arbeit). Vereinfachend ausgedrückt kann festgehalten werden, dass die Probanden die zwei Stimuli immer sahen, deren Distanz immer wahrnahmen und das zeitliche Intervall, das sie trennte, immer registrierten. Trotzdem trat der Effekt nicht verlässlich auf. Nicht zu wissen, wo auf der eng umschriebenen Darbietungsfläche des Bildschirms der räumliche Abstand und das zeitliche Intervall genau zu sehen sein würden, reichte aus, um die vermeintlich allgemeingültige Interferenz von Raum und Zeit verschwinden zu lassen. Analog zu anderen spezifischen raum- und zeitbezogenen Phänomene, wie etwa der so genannte *Flash Lag Effect* (Enns, Brehaut & Shore, 1999; Hazelhoff & Wiersma, 1924), sind auch der Tau- und der Kappa-Effekt so eng umschrieben, dass sie ausserhalb einer ganz bestimmten experimentellen Anordnung wohl nie anzutreffen sein werden. In diesem Sinne sind solche Effekte von jenen zu unterscheiden, die einen allgemeingültigeren Charakter besitzen und robuster sind, wie etwa der so genannte *Fröhlich Effekt* (Fröhlich, 1923; Kirschfeld & Kammer, 1999) oder auch das *Representational Momentum* (Freyd & Finke, 1984; Hubbard & Bharucha, 1988).

Helson und King (1931) postulieren, dass der Tau-Effekt bestimmten Gesetzen folge und messbar sei.<sup>20</sup> Diese ‚Messbarkeit‘ ist aber zu relativieren, denn sie hängt, wie oben angetönt, von eng umschriebenen Eigenschaften der Darbietung und des Antwortformates ab. Grob gesagt zeigen die eigenen Tau-Experimente von Versuchsreihe A und Versuchsreihe B, dass Raumeinschätzungen in Form einer stufenlosen Skala durchaus präzise geliefert werden können. Die Räumlichkeit der Skala entspricht offenbar dem Charakter der Reizdarbietung, so dass ein Transfer des Wahrgenommenen fehlerfrei vollzogen werden kann. Ebenso zeigen die Kappa-Experimente von Versuchsreihe C, dass die Reproduktion eines Zeitintervalls anhand einer Computertaste zu nahezu perfekten Urteilen führt. Umgekehrtes trifft aber nicht ein. Der räumliche Charakter der stufenlosen Skala verhindert die präzise Wiedergabe von Zeiturteilen. Ebenso vermag es das Drücken einer Taste auch dann nicht einen räumlichen Abstand abzubilden, wenn dieses Drücken das Erscheinen eines Striches mit sich führt, der faktisch wieder nichts anderes ist als das

---

<sup>20</sup> I therefore propose that it be called the Tau effect because it obeys definite laws, can be measured and is not due to imagination, attention, suggestion or any other peculiarly mentalistic mechanism (Helson & King, 1931, S. 536f).

Abbild der räumlichen Skala. Konnte das räumliche Urteil umgehend auf der stufenlosen Skala abgebildet werden, dauerte es beim Tastendruck eine Weile (sprich, eine Sekunde pro 80 Millimeter) bis das gewünschte Raumurteil zu sehen war. Dieser zeitliche Faktor führte zu vollkommen anderen Resultaten.

Sarrazin et al. (2007) postulierten, dass es sich beim Tau- und beim Kappa-Effekt nicht, wie lange angenommen, um spiegelbildliche Effekte handle. Zu dieser Erkenntnis kamen die genannten Autoren aufgrund der unterschiedlichen Darbietungen in den verschiedenen Tau- und Kappa-Experimenten (siehe auch Kapitel 2.2.1. der vorliegenden Arbeit):

The Tau and Kappa effects have been generally considered as mirror images of each other. Our results suggest otherwise. We believe that this difference in the results should be attributed to the difference in the stimuli used. Classically, stimuli were composed of three elements which defined two intervals, whereas in our experiments the stimuli were composed of eight elements [...] which defined seven intervals. Thus, it was possible for us to find differences with seven intervals that would not be apparent with only two intervals. (S. 215)

Dieses Fazit mag korrekt sein, muss aber ergänzt werden. Die Non-Spiegelbildlichkeit beider Effekte findet sich in expliziter Form in der Gewichtung der Sekundärdimension. Darunter ist im Rahmen von Tau-Experimenten (ergo von Raumurteilen) die zeitliche Dimension und im Rahmen von Kappa-Experimenten (ergo von Zeiturteilen) die räumliche Dimension zu verstehen. Zeiturteile lassen sich – tendenziell, weitere Untersuchungen müssen dies noch empirisch bestätigen – eher in räumlichen Parametern (also beispielsweise anhand der stufenlosen Skala) abbilden, als Raumurteile dies anhand von zeitgebundenen Parametern zulassen (also anhand der Computertaste, die nur innerhalb einer bestimmten Zeitspanne ein räumliches Urteil abbildet).

Dies erinnert an so genannte Aufgabendissoziationen, die vor allem in entwicklungspsychologischen Studien zu beobachten sind. So hat beispielsweise Bett-Martin (1998) anhand mehrerer Experimente im Bereich der intuitiven Physik die Entwicklung des Wissens zur Kombination von Geschwindigkeiten erforscht. Hierbei fand sie in gewissen Altersstufen widersprüchliche Antworten zu jeweils ein und derselben Frage, wobei die Dissoziation zwischen dem gegebenen Urteil und der tatsächlich ausgeführten Handlung auftrat. Namentlich konnte die Autorin feststellen, dass im Bereich der geschwindigkeitsbezogenen Durchschnittsbildung Kinder wie auch Erwachsene ein Misskonzept an den Tag legen. Namentlich bilden alle Versuchspersonen ein falsches verbales Urteil, wenn sie den Durchschnitt verschiedener Geschwindigkeiten zu bilden

haben. Sobald hingegen eine Handlung ausgeführt werden konnte, waren aber Unterschiede zwischen den Altersklassen auszumachen. Kinder produzierten generell falsche Handlungsweisen, Erwachsene agierten hingegen korrekt. Dies bedeutet aber wiederum, dass bei Erwachsenen, im Gegensatz zu Kindern, eine Diskrepanz zwischen Urteil und Handlung besteht (vgl., Huber, Krist & Wilkening, 2003).

Ein weiteres Beispiel aus der intuitiven Physik liefern Krist, Fieberg und Wilkening (1993, Experiment 1; vgl. Krist, Loskill & Schwarz, 1996). In ihren Experimenten befand sich ein Ball auf einer höhenverstellbaren Plattform und sollte durch manuelle Einwirkung über die Kante auf eine Sandbahn gerollt werden, die sich am Boden befand (linker Teil von Abbildung 79). Die verwendete Wurfkraft musste an die Höhe der Abwurftrampe und an das zu treffende Ziel angepasst werden. Die drei möglichen Ziele sind im rechten Teil von Abbildung 79 zu sehen. Das Experiment beinhaltete zwei Teile, einen rein urteilsbezogenen und einen Handlungsteil. In der ersten Bedingung sollten die Versuchspersonen auf einer Urteilsskala angeben, wie viel Kraft nötig sei um ein bestimmtes Ziel aus einer bestimmten Höhe zu treffen. In der zweiten Bedingung sollte der Ball, wie oben beschrieben, tatsächlich angestossen werden. Wie im Experiment von Bett-Martin (1998) war auch hier eine altersabhängige Divergenz zwischen Urteil und Handlung feststellbar: Die jüngsten Kinder zeigten erstaunlich gute Leistungen, wenn sie den Ball anstossen sollten, produzierten aber einen Denkfehler, wenn nur ihr Urteil gefragt war. Namentlich achteten sie nur auf die zu erreichende Zielentfernung ohne korrekterweise auch die Höhe der Abschussrampe in Betracht zu ziehen. Diese Dissoziation verringert sich im Erwachsenenalter zwar, verschwindet aber nicht gänzlich.

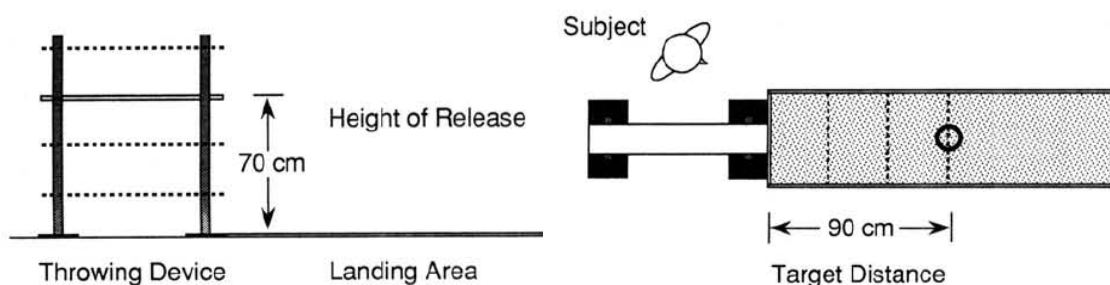


Abbildung 79. Schematischer Aufbau der Versuchsanordnung (linkes Bild Ansicht von der Seite, rechtes Bild Ansicht von oben) in Experiment 1 von Krist et al. (1993, S. 954).

Bevor die Diskussion zu Versuchsreihe C definitiv abgeschlossen wird, werden Daten eines zusätzlichen Experiments mit 7-jährigen Kindern angefügt, die zusammen mit den Daten von Experiment 2.1. (Kappa-Effekt, Versuchsreihe B) auf eindruckliche Weise ein weiteres Beispiel für Aufgabendissoziation liefern.

### 6.4. Experiment 3.3. (Kappa-Effekt): Zweifache Variation der Bewegungsinduzierung bei Kindern

#### 6.4.1. Methode

Die Methode entspricht in allen Punkten jenen von Experiment 3.1. von Versuchsreihe C. Es wurde ebenfalls der Kappa-Effekt anhand von zwei Bedingungen untersucht; eine ohne Bewegungsinduzierung (2) und eine mit Bewegungsinduzierung (4). In beiden Bedingungen war der Startpunkt der Darbietung in der linken unteren oder der linken oberen Bildschirmcke angesiedelt. Der einzige Unterschied zu Experiment 3.1. bestand im Alter der Versuchspersonen. Insgesamt nahmen 20 7-jährige Kinder teil, die zufällig in eine der zwei Bedingungen eingeteilt wurden. Tabelle 97 gibt die Altersangaben und die Geschlechterverteilung pro Bedingung wieder. Auf die Händigkeit der Versuchspersonen wurde, im Gegensatz zu den vorangehenden Versuchreihen, nicht geachtet. Wichtig war einzig, dass alle ein gutes Sehvermögen hatten, wenn nötig erreicht durch ein Hilfsmittel (Brille oder Kontaktlinsen).

Tabelle 97

*Altersangaben und Geschlechterverteilung in Experiment 3.3., Versuchsreihe C, Kappa-Effekt, zweifache Variation der Bewegungsinduzierung bei Kindern*

Bedingung	Geschlechterverteilung w/m (Gesamt)	Durchschnittsalter der Probanden (yy;mm)	Altersbereich (yy;mm – yy;mm)
2	5/5 (10)	7 ; 11	7 ; 5 – 8 ; 3
4	2/8 (10)	7 ; 10	7 ; 7 – 8 ; 1
Gesamt	7/13 (20)	7 ; 10	7 ; 5 – 8 ; 3

#### 6.4.2. Resultate

Die Resultate zeigen in beiden Bedingungen und jeweils in allen sechs Kombinationen nicht interpretierbare Daten. In allen Fällen erweist sich der Haupteffekt Raum sowie die Interaktion als nicht signifikant und in nur zwei Fällen erreicht der Haupteffekt Zeit das Signifikanzniveau (namentlich in Kombination 3 von Bedingung 2,  $F(2, 18) = 8.963$ ,  $p < .05$  sowie in Kombination 4 von Bedingung 2 und Bedingung 4,  $F(2, 18) = 5.357$ ,  $p < .05$  respektiv  $F(2, 18) = 3.730$ ,  $p < .05$ ; siehe auch Tabelle 99).

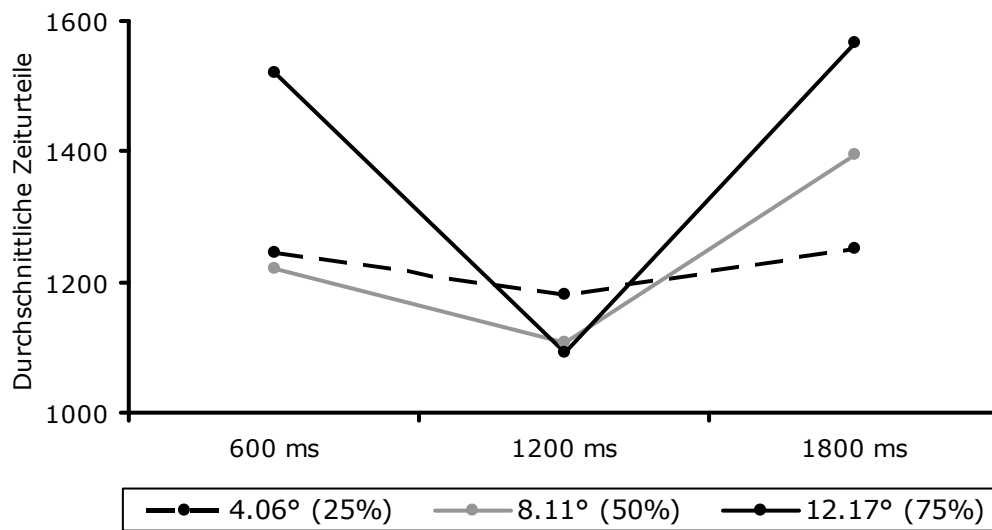


Abbildung 80. Resultat von Experiment 3.3., Versuchsreihe C, Kappa-Effekt, Bedingung 2 (keine Bewegungsinduzierung: zwei Farben, zwei Töne), Beginn oben links/horizontale Ausrichtung (Kombination 1).

Auf eindrückliche Weise zeigt Abbildung 80 exemplarisch auf, dass in keinem Urteil von Experiment 3.3. Systematik vorhanden ist und dass die Vektoren gar eine falsche Rangfolge aufweisen. Die statistischen Kennwerte bestätigen selbstverständlich ebenfalls, dass es sich hierbei weder um Kappa-Effekte noch um effektfreie Urteile handelt (Tabelle 98).

Tabelle 98

Resultate von Experiment 3.2., Versuchsreihe C, Kappa-Effekt, Kombinationen 1 und 2

	Kombination 1		Kombination 2	
	Bedingung 2	Bedingung 4	Bedingung 2	Bedingung 4
HE Raum	$F(2, 18) = 0.741$ , $p = .491$	$F(2, 18) = 1.723$ , $p = .207$	$F(2, 18) = 0.184$ , $p = .833$	$F(2, 18) = 0.043$ , $p = .958$
HE Zeit	$F(2, 18) = 3.139$ , $p = .068$	$F(2, 18) = 2.199$ , $p = .140$	$F(2, 18) = 1.016$ , $p = .382$	$F(2, 18) = 3.271$ , $p = .061$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.554$ , $p = .697$	$F(4, 36) = .742$ , $p = .570$	$F(4, 36) = 2.412$ , $p = .067$	$F(4, 36) = 0.392$ , $p = .813$
Pearson	$r = .418$	$r = .414$	$r = .676$	$r = .513$
Graphik	--- *	---	---	---

Effekt      kein Kappa-Effekt \*      kein Kappa-Effekt      kein Kappa-Effekt      kein Kappa-Effekt

Tabelle 99

Resultate von Experiment 3.2., Versuchsreihe C, Kappa-Effekt, Kombinationen 3 und 4

	Kombination 3		Kombination 4	
	Bedingung 2	Bedingung 4	Bedingung 2	Bedingung 4
HE Raum	$F(2, 18) = 0.493,$ $p = .619$	$F(2, 18) = 1.181,$ $p = .330$	$F(2, 18) = 0.716,$ $p = .502$	$F(2, 18) = 0.445,$ $p = .647$
HE Zeit	$F(2, 18) = 8.963,$ $p < .05$	$F(2, 18) = 0.793,$ $p = .468$	$F(2, 18) = 5.357,$ $p < .05$	$F(2, 18) = 3.730,$ $p < .05$
Interakt.	$F(4, 36) = 1.140,$ $p = .353$	$F(4, 36) = .784,$ $p = .543$	$F(4, 36) = 0.316,$ $p = .865$	$F(4, 36) = 1.808,$ $p = .149$
Pearson	$r = .426$	$r = .237$	$r = .398$	$r = .413$
Graphik	---	---	---	---
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

Tabelle 100

Resultate von Experiment 3.3., Versuchsreihe C, Kappa-Effekt, Kombinationen 5 und 6

	Kombination 5		Kombination 6	
	Bedingung 2	Bedingung 4	Bedingung 2	Bedingung 4
HE Raum	$F(2, 18) = 0.670,$ $p = .524$	$F(2, 18) = 0.797,$ $p = .466$	$F(2, 18) = 0.416,$ $p = .666$	$F(2, 18) = 1.885,$ $p = .181$
HE Zeit	$F(2, 18) = 1.649,$ $p = .220$	$F(2, 18) = 1.158,$ $p = .336$	$F(2, 18) = 1.514,$ $p = .247$	$F(2, 18) = 1.095,$ $p = .356$
Interakt.	$F(4, 36) = 0.675,$ $p = .614$	$F(4, 36) = 2.274,$ $p = .080$	$F(4, 36) = 0.607,$ $p = .660$	$F(4, 36) = 1.263,$ $p = .302$
Pearson	$r = .478$	$r = .204$	$r = .507$	$r = .485$
Graphik	---	---	---	---
Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt	kein Kappa-Effekt

### 6.4.3. Diskussion

In Versuchsreihe C wurden insgesamt 100 Versuchspersonen zweier Altersklassen untersucht. Im Rahmen der Diskussion zu Experiment 3.1. und 3.2. wurde das Thema Aufgabendissoziation aufgegriffen, um Gründe für die Divergenz zwischen den Resultaten von Versuchsreihe B und jenen von Versuchsreihe C sowie der Divergenz zwischen den Resultaten von Versuchsreihe C und jenen anderer Studien, die stark vergleichbare Methoden verwendet haben, zu finden.

Im Rahmen der Analyse zu den Kappa-Experimenten zeigte sich, dass erwachsene Probanden Zeitintervalle besser einzuschätzen wissen als Kinder, wenn sie dies in einer reproduktiven Aufgabe, sprich mittels Tastendruck, tun konnten (Versuchsreihe C). Urteile auf der stufenlosen Skala fielen hingegen tendenziell unpräziser aus, wobei dies nicht im Sinne eines Effekts, sondern im Sinne der Interpretierbarkeit zu verstehen ist (Versuchsreihe B). Wie die Daten von Experiment 3.3. im Vergleich zur selben Altersgruppe von Experiment 2.1. ebenfalls zeigen, ist dies bei Kindern genau umgekehrt. Zwar zeigen Kinder im Rahmen von Zeiturteilen mittels stufenloser Skala ebenfalls Schwierigkeiten, können das zeitliche Intervall in bestimmten Kombinationen aber trotzdem korrekt (also effektfrei) einschätzen. Dies ist bei Zeiturteilen anhand der Computertaste nicht mehr der Fall, denn hier zeigen die Kinder uninterpretierbare, chaotische Resultate in beiden Bedingungen und in jeweils allen Kombinationen.

Untersuchungen, die sich mit Aufgabendissoziationen im Rahmen der intuitiven Physik beschäftigt haben (vgl., Bett-Martin, 1998; Huber et al., 2003; Krist et al., 1993, 1996), zeigen tendenziell auf, dass handlungsgebundenes Antworten vor allem für Kinder, aber bei gewissen Problemstellungen auch für Erwachsene, einfacher ist als urteilsgebundenes Antworten. Die vorgestellten Daten zeigen, dass dieses Fazit bei Erwachsenen zwar stimmen mag, dass aber Kinder hingegen mehr Mühe haben ein Zeitintervall zu reproduzieren als es zu beurteilen. Dies scheint ein weiterer Beleg für die so genannte *Assemblage Theory* zu liefern.

Klassische Stufentheorien gehen, vereinfachend gesagt, von einem Wechsel der kognitiven Strukturen aus, der verschiedene Bereiche derselben Struktur betrifft. Eine vorübergehende Desorganisation des jeweils stufenspezifischen Wissens findet nur in den Übergängen von einer Stufe zur nächsten statt. Jean Piaget ist der bekannteste Vertreter



solcher Stufenmodelle. Er postulierte, dass alle Aufgaben mit derselben logischen Struktur zum selben Zeitpunkt gelöst werden können. Als Erklärungsbeispiel soll die klassische Pendelaufgabe herangezogen werden. Um die Schwingungsfrequenz eines Pendels korrekt voraussagen zu können, müssen beide relevanten Informationen, also das Gewicht des Pendels und die Seillänge an der es hängt, systematisch variiert werden. Piaget und Inhelder (1955) postulierten, dass Personen, die die Pendelaufgaben korrekt lösen können auch andere Probleme, die eine systematische Variation der Variablen erfordern, korrekt angehen (vgl., Bozzi, 1958; Frick, Huber, Reips & Krist, 2005; Pittenger, 1985; Spillane, Turcotte & Pufall, 1991). Dieses simultane Wissen innerhalb verschiedener Bereiche der selben logischen Struktur fasste Piaget unter dem Begriff *structure d'ensemble* zusammen. Die empirisch fundierte Kritik an diesem Konzept zwang Piaget aber zu einer Anpassung, so dass er später das Konzept der *décalages horizontaux* entwarf, hierzu aber keine konkrete Theorie formulierte (Montada, 1998). Auch dieses Konzept wurde in Folge stark kritisiert, findet aber trotzdem noch Anwendung (Siegler, 1996).

Im Gegensatz dazu postuliert der Ansatz des *Adaptiven Denkens*, dass alle Ebenen des Wissens ineinander greifen und somit der Fähigkeit entsprechen, „sich auf die Anforderungen der Aufgabensituation einzustellen und das Potential von Lösungsmöglichkeiten flexibel einzusetzen“ (Wilkening, 1989, S. 427). In dem Sinne basiert das Konzept der *Assemblage Theory* auf der Idee mentaler Modelle, also individueller Denkweisen, mit deren Hilfe wir planen, entscheiden, vorausschauen und erklären (Anderson & Wilkening, 1991).

Beruhend auf dieser Prämisse postuliert die *Assemblage Theory*, dass es keine reinen Konzepte geben kann, die vom Kontext losgelöst sind und somit in verschiedenen Aufgaben wirksam werden (Wilkening & Huber, 2002). Zur Untersuchung dieses Sachverhaltes eignet sich insbesondere das Gebiet der intuitiven Physik, da in diesem Bereich sowohl die Wahrnehmung, als auch das Denken und die Handlung bei einem Problemlösungsprozess in komplexer Weise zusammenwirken und beobachtet respektiv interferiert werden können. In Anlehnung an die Informationsintegrationstheorie argumentieren Anderson und Wilkening (1991) hierzu wie folgt:

A principle of integration theory is that different levels of knowledge generally act together. Construction of a mental model requires assemblage across levels. This principle originates from situation-goal variability, which means that knowledge systems must continually be adapted to the task at hand. Assemblage is required in even simple integration tasks, for valuation and integration generally involve different levels of knowledge. [...] Indeed, intuitive physics is a prototype of as-

semblage, which combines perception, cognition, and action, under guidance of motivations and goals. (S. 21)

In der methodischen Einführung zu Versuchsreihe C wurde hervorgehoben, dass die Probanden im Rahmen von Kappa-Aufgaben das zeitliche Intervall zwischen zwei Stimuli reproduzieren sollten und nicht etwa deren Rhythmus wiederzugeben hatten. Ein korrektes Zeiturteil entspricht in den vorgestellten Studien somit dem ununterbrochenen Drücken der Leertaste während 600, 1200 oder 1800 Millisekunden. Eine rhythmusgebundene Antwort wäre hingegen korrekt gewesen, wenn die Probanden die Leertaste zweimal kurz gedrückt hätten, wobei dazwischen, je nach Darbietung, ein Zeitintervall von 600, 1200 oder 1800 Millisekunden hätten eingeräumt werden müssen. Nach Vittorio Benussi (1913) würde man auf diese Weise die *Auffälligkeit* der Signale verschieben, wie in Kapitel 2.2.1. der vorliegenden Arbeit geschildert wurde. Namentlich würde nicht mehr das Zeitintervall, sondern deren Begrenzung salient sein, was sich wiederum auf die Antwort der Versuchspersonen auswirken würde, obwohl sich an der Darbietung selbst faktisch nichts geändert hat.<sup>21</sup>

Dieses Postulat schliesst einen der Kreise der vorliegenden Arbeit, weil es – vielleicht paradoxerweise gerade bei so eng umschriebenen Wahrnehmungseffekten wie den zwei hier untersuchten – in genau dieselbe Richtung zielt wie die *Assemblage Theory*. Namentlich gilt es sicherzustellen, dass tatsächlich der angestrebte Effekt, und nicht etwa der Umgang der Probanden mit den Parametern des Experimentes, untersucht wird. Noch vor der zusammenfassenden Diskussion und dem Fazit zur vorliegenden Arbeit kann somit bereits festgehalten werden, dass ein wirklich umfassendes Verständnis, auch für solch kleine Aspekte der menschlichen Wahrnehmung, erst nach einer Vielzahl weiterer Untersuchungen erzielt werden kann. Möglichkeiten hierzu werden im Ausblick am Ende dieser Arbeit geliefert.

---

<sup>21</sup> „Sobald aber die grössere Auffälligkeit sich [von den Begrenzungstönen] auf die Zeitdauer verschiebt, wird die gegebene Zeit für uns eine lange oder sehr lange“ (Benussi, 1913, S. 37).

## **7. ZUSAMMENFASSUNG, FAZIT UND AUSBLICK**

Der Einstieg in die vorliegende Arbeit wurde durch eine Paradoxie von Zenon aus Elea, jener von Achilles und der vermeintlich uneinholbaren Schildkröte, gebildet. Indem Bewegung als Bindeglied von Raum und Zeit benutzt wird, zeigt die Paradoxie aus philosophischer Sicht auf, dass beide Dimensionen miteinander verwoben sind. Der empirische Beleg dazu wurde von Vittorio Benussi anfangs des 20. Jahrhunderts geliefert. Nachdem sich der italienische Forscher lange mit rein raumbezogenen Phänomenen beschäftigt hatte, schlug er 1912, mittels einer Arbeit zum so genannten Phi-Phänomen, die Brücke zur Zeitwahrnehmungsforschung. In diesem Zusammenhang definierte und quantifizierte er die Gegenwart als jenen Augenblick, in dem der qualitative Wechselns vom – räumlich und/oder zeitlich – kaum Analysierbaren zum kaum Synthetisierbaren stattfindet (Kapitel 2.1.1.). In genau dieser kurzen Zeitspanne können auch jene Effekte beobachtet werden, von denen die vorliegende Arbeit handelt.

Benussi entdeckte, dass bei der Darbietung von zwei haptischen oder optischen Reizen der wahrgenommene räumliche Abstand zwischen ihnen vom zeitlichen Intervall beeinflusst wird, der die zwei Stimuli voneinander trennt. Er führte diese phänomenologische Verzerrung des Raumes durch die Zeitinformation auf eine Scheinbewegung zurück. Mehr als ein Jahrzehnt später wurde dieses Wahrnehmungsphänomen von Helson (1930) Tau-Effekt bezeichnet. Cohen und Kollegen (1954) gaben dem vermeintlich gegenteiligen Effekt, also der verzerrte Zeitwahrnehmung aufgrund einer interferierenden Rauminformation, später den Namen Kappa-Effekt. Trotz umfangreicher Forschung, die in Kapitel 2.2.1. nach vier Kriterien kategorisiert und zusammengefasst wurde, steht eine endgültige empirische Erklärung für die zwei Effekte aber noch aus.

Die wohl meistgenannte, aber selten untersuchte Hypothese stammt von Price-Williams (1954). Dieser geht wie Vittorio Benussi davon aus, dass die Darbietung im Rahmen klassischer Tau- und Kappa-Experimenten in Bewegung begriffen scheint. Die verschiedenen Erklärungsansätze, die aus der genannten Hypothese entstanden sind, wurden unter dem Stichwort Zeitfolgefehler in Kapitel 2.2.3. kritisch analysiert. Daraus ergaben sich, nach der Quantifizierung der Effektgrenzen, erste methodische Implikationen für die eigene Arbeit. Hierzu gehören die visuelle Darbietungsspannbreite und die damit verbundene Notwendigkeit zur Inhibierung von Kopfbewegungen. Weiter wurde die Essenz implizierter Bewegungen aus verschiedenen Perspektiven analysiert, um sie von verwandten Phänomenen abzugrenzen. Dies führte zur intuitiven Physik, spezifischer zum Wissen über Schwerkraft, das in der eigenen Untersuchung eine wichtige

Rolle spielt. Hierzu wurde in Kapitel 2.3.1. auch ein historischer Abriss zur Impetustheorie geliefert.

Die erwähnten methodischen Implikationen, die sich aus der gesichteten Literatur ergeben, wurden in Kapitel 2.4. dargestellt und lassen sich wie folgt zusammenfassen: In der vorliegenden Arbeit werden räumliche Distanzen und zeitliche Intervalle (a) anhand von nur zwei sukzessiven Stimuli evoziert, (b) die horizontal, diagonal oder vertikal ausgerichtet sein können, (c) die zeitlich insgesamt nicht länger als 3 Sekunden andauern und (d) die räumlich den Sehwinkel von 30° nicht überschreiten. Wie diese vier Punkte konkret operationalisiert wurden, kann Kapitel 3 entnommen werden. Dasselbe Kapitel beschäftigt sich auch mit dem Funktionalen Messen nach Norman Anderson (1983, 1996) und geht auf grundsätzliche Fragen bezüglich statistischer Auswertung ein.

Ob die Effekte tatsächlich auf die phänomenologische Wahrnehmung von Bewegung zurückzuführen sind, wurde auch aus einer entwicklungspsychologischen Perspektive, namentlich anhand von vier Altersklassen, untersucht. Hierbei unterschieden sich die einzelnen Versuche in erster Linie bezüglich verwendeter Antwortformate. In Versuchsreihe A beurteilten die Versuchspersonen die räumlichen Abstände und die zeitlichen Intervalle anhand einer digitalen Skala und der Computermaus direkt am Bildschirm. Versuchsreihe B vermied eine solche Schnittstelle (siehe zu diesem Thema die Einführung zu Kapitel 4), indem die Urteilsskala auf Papier gedruckt war. Und in Versuchsreihe C wurden sowohl Zeit- als auch Raumurteile mittels Computertaste abgegeben.

### **7.1. Versuchsreihe A**

Diese Versuchsreihe beinhaltete mitunter drei Vorversuche, die zwei Ziele verfolgten. Einerseits galt es eine Instruktion zu finden, die auf einfache Weise die etwas abstrakte Aufgabe vermitteln konnte; andererseits galt es auszulotsen, welche Altersklasse hinsichtlich der Effekte am interessantesten sein könnte: Bei erwachsenen Probanden wurde in Vorversuch 1.1. der Tau- und in Vorversuch 1.2. der Kappa-Effekt untersucht. Vorversuch 1.3. untersuchte wiederum den Tau-Effekt bei 6- und 9-jährigen Kindern. In den ersten zwei Vorversuchen kamen vier Bedingungen zum Zuge: In Bedingung 1 sollte vermittelt werden, dass die Darbietung statisch sei, was in Bedingung 2 zusätzlich akustisch untermauert wurde. In Bedingung 3 wurde hingegen eine Bewegung induziert, die in Bedingung 4 ebenfalls akustisch begleitet wurde. Ebenso fanden im Rahmen von Versuchsreihe A zwei weitere Experimente zum Tau-Effekt statt (1.1. und 1.2.), die anhand von insgesamt zehn Bedingungen, mit verschiedenen akustischen Geschwindigkeitsinduzierungen, die Raumdimension bei Erwachsenen auf ihre

Manipulierbarkeit hin untersuchten. Der Kappa-Effekt wurde in Experiment 1.3. wiederum anhand einer vierfachen Bedingungsvariation näher untersucht. Versuchsreihe A wurde dann mit einem Experiment abgeschlossen (1.4.), das allfällige Lerneffekte bei Tau- und bei Kappa-Aufgaben untersuchte.

#### **7.1.1. Vorversuche 1.1. bis 1.3.**

***Tau-Effekt bei Erwachsenen.*** In der methodischen Einleitung (Kapitel 2.4.) wurde erörtert, dass weder die statistischen Kennwerte noch die graphischen Muster alleine Auskunft über das Vorhandensein eines Effektes geben können. Die Analyse der Resultate offenbart hierbei, in der Mehrheit der Fälle, sogar Widersprüchlichkeiten. Namentlich zeigen die statistischen Kennwerte nicht selten effektkonforme Resultate (also signifikante Haupteffekte und eine nicht signifikante Interaktion), während die graphischen Muster nicht perfekt lineare, parallel aufsteigende Vektoren aufweisen; oder umgekehrt sprechen die statistischen Kennwerte gegen einen Effekt, während die Vektorgraphik ein effektkonformes Muster aufweist.

In diesem Sinne fiel es schwer, den Einfluss der einzelnen Bedingungen konkret zu quantifizieren: Wenn in einem bestimmten Fall aufgrund der statistischen Kennwerte von einem Effekt die Rede ist, während in einem anderen Fall nur von einem Effekt gesprochen werden kann, wenn hierfür das graphische Muster als Referenz betrachtet wird, ist eine saubere Vergleichbarkeit nicht gewährleistet. Ohne dies in der vorliegenden Arbeit für alle Experimente zu machen, wurden Experiment 1.1. trotzdem exemplarisch, Datenpunkt für Datenpunkt, analysiert, um so konkretere Aussagen bezüglich Einfluss der Bedingungen und bezüglich Einfluss der Kombinationen zu machen.

Aufgrund der Vorversuche konnten zwei grobe Kategorien gemacht werden. Der Bedingungsvergleich zeigt, dass die Bedingungen ohne Bewegungsinduzierung (Bedingung 1 und Bedingung 2) tendenziell zu Antworten geführt haben, die überlappend aufsteigende Vektoren erzeugt haben. Die Bedingungen mit Bewegungsinduzierung (Bedingung 3 und Bedingung 4) haben hingegen Vektorenmuster hervorgebracht, die effektkonform parallel und aufsteigend sind. Und in einem exemplarischen Vergleich innerhalb derselben Bedingung ist feststellbar, dass alle Probanden massive Schwierigkeiten hatten, wenn es darum ging Urteile zu Darbietungen abzuliefern, die in der oberen rechten Bildschirmcke begannen und, entgegen der Antwortskala, nach links verliefen. Deshalb wurde beschlossen diesem Umstand in Versuchsreihe B und Versuchsreihe C Rechnung zu tragen.

Wie der Rückblick auf ältere Studien von Kapitel 2.2.1. gezeigt hat, waren praktisch

immer Urteile anhand grober Kategorien gefragt. Die stufenlose Skala, die in Versuchsreihe A verwendet wurde, erlaubt hingegen Antworten von grosser Präzision, namentlich zwischen null und 250 Einheiten. Hierzu soll nochmals explizit auf Tabelle 7 verwiesen werden, die sich diese Präzision des Antwortformates zunutze macht und aufzeigt, dass auch dann Effekte vorhanden zu sein scheinen, wenn die ANOVA sie nicht zu erfassen vermag.

Die Diskussion von Vorversuch 1.1. ging schlussendlich auf mehrere methodische Punkte ein, die in zukünftigen Experimenten zu verbessern sind. So wurden beispielsweise die Unregelmässigkeiten, die im mittleren Bereich bestimmter Graphiken zu sehen sind, mit dem Antwortformat, namentlich der Computermouse als Schnittstelle zwischen Urteilsabsicht und effektiver Antwort, in Verbindung gebracht. Zudem wurden die verschiedenen Kombinationen verglichen und die teilweise erstaunlichen Resultate, vor allem vertikaler Darbietungen, anhand von Studien im Rahmen der Intuitiven Physik zu interpretieren versucht (Hecht & Bertamini, 2000). Ebenso wurden die Folgen der teils notwendigen mentalen Rotation problematisiert, die sich durch die flexiblen Darbietungsstartpunkte, aber der immergleichen Ausrichtung der Antwortskala, ergeben.

***Kappa-Effekt bei Erwachsenen.*** In Vorversuch 1.2. liess sich der Kappa-Effekt in keiner Bedingung nachgewiesen. Ebenso konnte durch keine Kombination ein besonderer Grad an Bewegungsinduzierung modelliert werden. Es liessen sich aber trotzdem zwei Kategorien an effektlosen Antworten ausmachen: Darbietungen mit Beginn in der unteren linken Ecke ergaben überlappende Vektoren, die zusammen mit den statistischen Kennwerten darauf schliessen lassen, dass die Raumdimension nicht beachtet wurde. Darbietungen mit Beginn in der oberen rechten Ecke ergaben hingegen chaotische Datenmuster, wie sie im Rahmen der Raumurteile von Vorversuch 1.1. bereits beobachtet werden konnten. Diese nicht interpretierbaren Kombinationen zeigen somit eine vermeintlich raumbezogene Verzerrung, denn das erfragte zeitliche Intervall müsste mental eigentlich nicht rotiert werden. Namentlich müsste die Ausrichtung der Antwortskala keine Rolle spielen. Diese Räumlichkeit zeitbezogener Urteile wurde in der Diskussion der Vorversuche 1.2. eingehen thematisiert.

Des Weiteren wurden eigene – erstaunliche – Resultate in Zusammenhang mit den akustischen Begleittönen mit analogen Resultaten einer ähnlichen Studie verglichen (Casasanto & Boroditsky, 2008). Dies führte zu einer Analyse der Charakteristiken von Raum- und Zeitinformationen, wobei die Eindimensionalität räumlicher Signale und die Multidimensionalität zeitlicher Informationen problematisiert wurden. Mit Bezugnahme auf die Resultate des ersten Vorversuches wurde dann nochmals auf die mangelnde Linearität gewisser Vektorgraphiken eingegangen. Nachdem diese Unregelmässigkeiten in der

Diskussion von Vorversuch 1.1. aber noch mit methodischen Artefakten in Verbindung gebracht wurden, wurden für die hier untersuchten Zeiturteilen kognitionsgebundene Erklärungen gesucht.

***Tau-Effekt bei Kindern.*** Die Resultate der 6-jährigen Kinder zeigen vor allem nicht interpretierbare Resultate, die auf methodische Artefakte hindeuten. Die Daten der 9-jährigen Kinder zeigen hingegen Resultate, die mit jenen der Erwachsenen im analogen Vorversuch 1.1. verglichen werden können. Die Analyse letzterer Daten führte zu einem theoretischen Diskurs bezüglich der entwicklungspsychologischen Kontroverse zwischen holistischer und analytischer Wahrnehmung im Kindesalter. In Form eines Gedankenexperimentes wurde aufgezeigt, dass Kinder deutliche Tau-Effekte zeigen müssten, wenn sie nur holistisch wahrnehmen könnten, da sie die räumliche und die zeitliche Komponente der Darbietung ungefiltert und untrennbar vereint wahrnehmen würden. Im Falle einer analytischen Wahrnehmung müsste hingegen nie ein Effekt auftreten, da die Kinder allemal nur auf die salient gemachte Rauminformation achten könnten und die Zeitdimension ausser Acht lassen würden. Diese Kontroverse wurde am Schluss der Diskussion anhand neuerer Daten aufgelöst (vgl., Wilkening, 2007).

Als Fazit wurden in Kapitel 4.4. verschiedene methodische Neuerungen vorgestellt, die vor allem die Darbietungsstartpunkte und die Instruktion betreffen. Und anhand einer Studie von Collyer (1977) wurde zudem auf das grundsätzliche Problem von Gruppenanalyse hingewiesen. Diese Punkte dienten als Überleitung zu den eigentlichen Experimenten von Versuchsreihe A, die hier ebenfalls zusammengefasst werden sollen.

#### **7.1.2. Experimente 1.1. bis 1.4.**

***Tau-Aufgabe mit sechsfacher Variation.*** Aufgrund der Vorversuche wurde eine neue Instruktion kreiert, die mit Metaphern arbeitete und weniger abstrakt sein sollte. Ebenso wurden zusätzliche Versuchsbedingungen eingeführt: Die Darbietung konnte nun ohne Bewegungsinduzierung erfolgen (jeweils mit oder ohne akustische Untermalung) oder die Bewegungsinduzierung konnte mittels Begleitton eine konstante, eine abnehmende oder eine zunehmende Geschwindigkeit induzieren (daneben wurde weiterhin die Bedingung mit tonloser Bewegungsinduzierung dargeboten). Hierzu wurden in Kapitel 4.5.2. exemplarisch die wichtigsten Resultate vorgestellt. So evozierte beispielsweise der ansteigende Ton auch dann die höchsten absoluten Raumurteile, wenn das visuelle Signal für eine Geschwindigkeitsabnahme gesprochen hätte. Im Gegenzug zeigte der Kombinationsvergleich, dass die vertikal nach unten gerichtete Darbietung auch dann die höchsten absoluten Raumurteile evozierte, wenn dieses visuelle Signal mit einem

abfallenden Ton kombiniert wurde, der eigentlich auf eine Geschwindigkeitsreduktion hinweisen sollte. Diese Befunde im audiovisuellen Bereich wurden im Lichte neuerer Studien (Henry & McAuley, 2009) diskutiert, die darauf hindeuten, dass das Ausmass des Effektes, zusammen mit der akustisch vermittelten Geschwindigkeitszunahme, unter bestimmten Umständen ebenfalls zunehmen kann.

***Tau- und Kappa-Aufgaben mit je vierfacher Variation.*** In Experiment 1.2. wussten die Probanden, wie in den älteren Studien (Kapitel 2.2.1.), wo der Startpunkt der Darbietung und wie deren Ausrichtung sein würde. Dies führte in der Bedingung ohne akustischen Begleitton zu eindeutigen Tau-Effekten. Diese Effekte nivellierten sich aber in den restlichen Bedingungen von Experiment 1.2. (sprich, bei akustischer Induzierung einer gleichbleibenden, einer ansteigenden oder einer abfallenden Geschwindigkeit) vollkommen aus. Dies wurde zum Anlass genommen die Qualität beider Signale, insbesondere hinsichtlich ihrer Geschwindigkeitsinformation, etwas genauer zu analysieren und so an die Diskussion zum vorangehenden Experiment 1.1. anzuknüpfen.

Im Zusammenhang mit der Geschwindigkeitswahrnehmung wurde das Postulat primärer Empfindung mit Ansätzen verglichen, die eher von einer analytischen Wahrnehmung der Geschwindigkeit ausgehen. Hierbei wurden die Studien von Algom und Cohen-Raz (1984, 1987) vorgestellt, die eine Brücke zwischen diesen konträren Ansichten zu schlagen versucht. Auf der Basis dieser Studie wurde diskutiert, ob bei der Wahrnehmung mehrfacher, sich widersprechender Signale, nicht auch Aufmerksamkeitsfaktoren zur Ausnivellierung der Effekte beigetragen haben könnten.

Das gleiche Bild zeigte sich auch in Experiment 1.3., so dass diese Möglichkeit zusätzlichen Zuspruch erhält. Namentlich wurden in Kappa-Aufgaben nur dann effektnahe Resultate erzielt, wenn die Darbietung rein visuell war. Ebenso unterstreicht Experiment 1.3. nochmals die Resultate von Vorversuch 1.2., die mit einer Studie von Casasanto und Boroditsky (2008) verglichen wurden. Wie in den beiden eigenen Versuchen haben die genannten Autoren zeigen können, dass die Einschätzung eines zeitlichen Intervalls auch dann von der räumlichen Information beeinflusst wird, wenn man diese aufgrund des dargebotenen Tones faktisch ganz ausser Acht lassen könnte.

***Lerneffekte bei Erwachsenen.*** Aufgrund der Resultate von Experiment 1.3. wurde die Vermutung aufgestellt, dass die vermeintlich schwierigeren Zeiturteile mehr Übung verlangt hätten. Experiment 1.4. untersuchte anhand einer kleinen Stichprobe von acht Versuchspersonen ebensolche Lerneffekte sowohl bei Tau- als auch bei Kappa-Aufgaben.



Hierbei muss festgehalten werden, dass dieses Experiment einen rein explorativen Charakter hatte, da die Stichprobe pro Bedingung eben sehr klein war. Interessanterweise zeigte sich im Rahmen von Tau-Aufgaben bereits ab der ersten Erhebung ein klares, effektkonformes Resultat, während es bei Kappa-Aufgaben zwei vollständige Erhebungen brauchte, bis interpretierbare Datenmuster entstanden. In beiden Fällen handelte es sich um Bedingungen mit deutlicher Bewegungsinduzierung; vermeintlich unbewegte Darbietungen ergaben hingegen durchgehend uninterpretierbare Muster.

## **7.2. Versuchsreihe B und Versuchsreihe C**

In den letzten zwei Versuchsreihen wurden insgesamt 260 Versuchspersonen, Kinder und Erwachsene, untersucht. Versuchsreihe B sollte vor allem vermeintlich methodische Mängel der ersten Versuchsreihe beheben, indem statt einer digitalen Skala eine gedruckte Skala verwendet wurde. Versuchsreihe C griff im Rahmen von Zeiturteilen auf die bewährte Methode der Reproduktion von Zeitintervallen zurück, wie es bereits Price-Williams (1954) getan hatte. Damit sollte die grundsätzliche Messbarkeit des Kappa-Effektes anhand der verwendeten Versuchsparameter getestet werden. Gleichzeitig sollte für Raumurteile auch ein vergleichbares Antwortformat eingeführt werden; namentlich wurden mittels Tastendruck nun auch Raumurteile geliefert. Da der Vergleich beider Versuchsreihen interessante Aspekte zutage förderte, sollen die wichtigsten Befunde beider Versuchsreihen an dieser Stelle gemeinsam zusammengefasst werden.

***Alters- und Bedingungsvergleich.*** Die neue Antwortskala offenbarte deutliche Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen, was exemplarisch anhand der Resultate von Tau-Experiment 2.4. diskutiert wurde. So scheint die Bewegungsinduzierung bei Erwachsenen einen anderen Einfluss zu haben als bei Kindern. Letztere zeigen erst dann interpretierbare Resultate, wenn beiden Stimuli einer vermeintlichen Bewegung unterworfen waren. Bei vermeintlich unbewegter Darbietung sind die Resultate hingegen chaotisch. Auch die Erwachsenen verzeichnen einen Unterschied zwischen den Bedingungen. In diesem Falle führte die Bewegungsinduzierung unter bestimmten Umständen zu Tau-Effekten, während vermeintlich statische Darbietungen keine Interferenz von Raum und Zeit mit sich führten. Dieser Unterschied wurde, anknüpfend an Experiment 1.2. von Versuchsreihe A, anhand der Studien von Algom und Cohen-Raz (1984, 1987) diskutiert.

***Kanonische Bewegungsrichtung*** Um eine mögliche Erklärung zu den unterschiedlichen Resultaten in Zusammenhang mit dem Darbietungsbeginn und der Darbietungsrichtung zu liefern, wurde das Konzept der *kanonischen Ansicht* nach Bülthoff (Tarr & Bülthoff, 1999; Palmer et al., 1981) vorgestellt und mit dem Lateinischen

Schriftsystem in Beziehung gebracht. In diesem Zusammenhang wurde hervorgehoben, dass in Versuchsreihe B nicht von mentaler Rotation im engeren Sinne die Rede sein könne, weil der Nullpunkt der Urteilsskala, im Gegensatz zu den Vorversuchen, jeweils dem Darbietungsstartpunkt angepasst sei. Während dies bei Erwachsenen ausreichte um interpretierbare Resultate zu erwirken, war dies bei Kindern nicht der Fall. In der Diskussion zu den Experimenten 2.2. und 2.4. wurde aufgezeigt, dass neben einer vermeintlichen *kanonischen Bewegungsrichtung* auch Aufmerksamkeitsfaktoren die Resultate der Kinder beeinflusst haben könnten.

**Räumlichkeit von Zeiturteilen.** Auf der Suche nach anderen Erklärungen wurde dem Konzept der mentalen Rotation in Form eines Gedankenexperimentes auf den Grund gegangen. Hierbei wurde erläutert, dass klassische Aufgaben zur mentalen Rotation statische Objekte benutzen und somit keine Zeitkomponente in sich bergen, da nur Bewegung über die Zeit verläuft. Zu erwarten wäre also faktisch gewesen, dass eine Veränderung der räumlichen Information, sei es beispielsweise aufgrund der nicht darbietungskongruenten räumlichen Ausrichtung der Antwortskala, zu unpräzisen räumlichen Urteilen geführt hätte. Zeiturteile müssten hingegen nicht von diesen raumbezogenen Attributen tangiert sein. Das Gegenteil war indes der Fall, denn die bei Kappa-Aufgaben erfragten Urteile erweisen sich bei Kindern nur dann als geordnet und interpretierbar, wenn die kanonische Darbietungsrichtung zum Zuge kam. Dieser Befund deutet darauf hin, dass Zeitinformationen durchaus eine räumliche Komponente besitzen könnten. Vor allem Kinder scheinen die abstrakte Zeitdimension greifbarer machen zu wollen, indem sie diese in vermeintlich konkretere räumliche Parameter zwingen.

Aufgrund der Resultate von Experiment 3.3. musste diese Vermutung aber ergänzt werden. Im besagten Experiment sollten Kinder das wahrgenommene zeitliche Intervall anhand einer Morsetaste reproduzieren. Ältere Studien (vgl., Price-Williams, 1954) und eigene Befunde (Experiment 3.1. und 3.2.) konnten hierbei aufzeigen, dass eine solche Aufgabe von Erwachsenen immer zu interpretierbaren – effektkonformen oder effektwidrigen – Resultaten führt. Kinder konnten Zeitintervalle in der eigenen Studie hingegen auch dann nicht mittels Tastendruck reproduzieren, wenn sie in der vermeintlich kanonischen Bewegungsrichtung dargeboten wurden. Zeiturteile mittels stufenloser Skala stellten hingegen erstaunlicherweise weniger ein Problem dar. Diese Diskrepanz wurde im Rahmen der Diskussionen anhand so genannter Aufgabendissoziationen analysiert.

**Aufgabendissoziationen.** Versuchsreihe C zeigte ein klareres Bild als die zwei vorangehenden Versuchsreihen. So antworteten Erwachsenen in praktisch allen Fällen entweder effektkonform oder effektfrei, in keinem Falle aber auf nicht nachvollziehbare Weise. Während contraintuitive Zeiturteile mittels stufenloser Skala in Versuchsreihe B

also noch Probleme bereitet haben, haben contraintuitive Raumeinschätzungen mittels Tastendruck weniger Probleme bereitet. Contraintuitiv, weil in beiden Fällen das Antwortformat qualitativ nicht der dargebotenen Dimension entsprach: Im ersten Fall musste die Zeitinformation räumlich wiedergegeben werden, im zweiten Fall erfolgte die Einschätzung des räumlichen Abstandes stark zeitgebunden (wir erinnern uns, dass der Tastendruck bei Tau-Aufgaben den Aufbau eines vertikalen Striches auslöste, wobei die Aufbaurrate 80 Millimeter pro Sekunde betrug).

Die von Sarrazin et al. (2007) postulierte Non-Spiegelbildlichkeit beider Effekte wurde im Lichte dieser Befunde neu interpretiert und auf die Gewichtung der Sekundärdimensionen bezogen (ergo, Raum bei Kappa- und Zeit bei Tau-Aufgaben). Hierzu wurde die Frage diskutiert, ob es einfacher sei Zeiturteile in räumliche Parameter oder Raumurteile in zeitliche Parameter einzubetten. In diesem Zusammenhang wurde Bezug zur Intuitiven Physik genommen, deren Experimente aufgezeigt konnten, dass Urteils- und Handlungsaufgaben oft nicht gleich gut gelöst werden. Anhand solcher Dissoziationen wurde eine Überleitung zur *Assemblage Theory* geschaffen, die in diesem Zusammenhang die Flexibilität des menschlichen Denkens herausstreicht und älteren Stufentheorien widerspricht, die von reinen Konzepten innerhalb der selben logischen Struktur ausgingen.

**Reiner Laboreffekt.** Dass es keine reinen Konzepte gibt, kann nicht nur im Bereich der Kognition, sondern im übertragenen Sinn vielleicht auch im Bereich der Wahrnehmung festgehalten werden. Damit ist gemeint, dass es auch keine reinen Tau- und Kappa-Effekte gibt, die ubiquitär auftreten. Offenbar sind die Effekte nur dann verlässlich nachweisbar, wenn die Probanden über den genauen Lokus des ersten Stimulus sowie der Darbietungsausrichtung informiert sind. Werden diese Parameter bekanntgegeben, kennen die Effekte tatsächlich kaum Unter- oder Obergrenzen, wie auch in der theoretischen Einführung der vorliegenden Arbeit geschildert wurde. Die uneingeschränkte Messbarkeit der Effekte, wie sie beispielsweise noch von Helson und King (1931) postuliert wurde, muss aber klar relativiert werden, denn sie hängt von eng umschriebenen Eigenschaften der Darbietung und des Antwortformates ab. In diesem Zusammenhang wurde in der Diskussion zu den Experimenten 3.1. und 3.2. (Kapitel 6.3.) einen differenzierenden Vergleich zu anderen Wahrnehmungseffekten angestellt.

### **7.3. Schlusswort und Ausblick**

Dass der Tau- und der Kappa-Effekt eine sehr eng umschriebene Facette der menschlichen Wahrnehmung darstellen und sich nur unter spezifischen experimentellen

Bedingungen nachweisen lassen, schmälert die Komplexität der Phänomene nicht – im Gegenteil. Bewegung, als Bindeglied von Raum und Zeit, wurde oft als Ursache der Effekte angenommen. Die vorliegende Arbeit hatte zum Ziel diese Frage zu klären und warf daneben unzählige neue Fragen zur Interferenz von Raum und Zeit auf – was im übertragenen Sinne die vermeintliche Unendlichkeit beider Dimensionen unterstreicht.

Ob den Effekten tatsächlich die Wahrnehmung von Bewegung zugrunde liegt, kann nicht definitiv beantwortet werden. Einen Beleg für die Richtigkeit dieser Hypothese liefert aber beispielsweise Experiment 2.4. von Versuchsreihe B. Hier zeigten erwachsene Versuchspersonen erst dann einen Effekt, wenn die Darbietung einer Bewegungsinduzierung unterworfen war. Vermeintlich statische Darbietungen evozierten hingegen keinen Effekt. Experiment 1.2. soll als Vorlage weiterer Forschung in diesem Bereich dienen: Indem die Probanden jeweils über Startpunkt und Darbietungsausrichtung informiert waren, sollte der Eindruck einer Bewegung verstärkt werden. Dass tatsächlich die gesuchten Effekte auftraten ist aber nicht Beleg für die Rolle wahrgenommener Bewegung, sondern vielmehr Beleg für die Effektgrenzen. Ob also beispielsweise das vermeintliche Wissen über Schwerkraft oder die akustische Vermittlung einer Geschwindigkeit die Effekte modellieren kann, muss im Rahmen dieser Grenzen näher untersucht werden.

Bei anderen, neu entstandenen Fragen lohnen sich tiefer gehende Untersuchungen aber ebenfalls, wie etwa bezüglich dem vermeintlichen Primat visueller Signale. So konnte gezeigt werden, dass auditiven Informationen auch dann weniger Beachtung geschenkt wird, wenn faktisch sie alleine das Erfüllen der Aufgabe, namentlich die Einschätzung eines visuell und akustisch dargebotenen Zeitintervalls, ermöglicht hätten. Ebenso gilt es weiter zu untersuchen, ob Multimodalität tatsächlich, wie eigene Befunde zu belegen scheinen, die Effekte verschwinden lassen. Hierzu wurde die Hypothese aufgestellt, dass die simultane Darbietung von nicht aufgabenrelevanter Signale zu einer Fokussierung der Aufmerksamkeit auf die saliente (weil erfragte) Dimension führt und somit die Effekte ausnivelliert.

Dass Raum und Zeit nicht in jedem Alter dieselbe Valenz haben, konnte anhand der Ausrichtung der Stimulidarbietung im Vergleich zur Ausrichtung der Antwortskala sowie anhand eines Vergleiches zwischen den Antwortmodalitäten gezeigt werden. Für Erwachsene spielt die Ausrichtung der Antwortskala nur eine geringe Rolle, während Kinder Zeitintervalle in der vermeintlich kanonischen Bewegungsrichtung von links nach rechts besser beurteilen können. Noch präziser werden Erwachsene gar, wenn sie Zeiturteile reproduzieren statt beurteilen müssen. Dies gilt aber nicht für Kinder, die

mittels Tastendruck auch jene kanonischen Darbietungen falsch reproduzieren, die sie korrekt beurteilen konnten. In diesem Zusammenhang bietet sich beispielsweise an zu überprüfen, ob Kinder Rhythmusaufgaben, also die Verschiebung der „Auffälligkeit vom Zeitintervall auf deren Begrenzung“ (Benussi, 1913, S. 37), besser lösen können als Intervallaufgaben. Oder, ob die Variation der Aufbaurate des Antwortstriches, namentlich bei Tau-Aufgaben mittels Tastendruck, Rückschlüsse auf den zeitlichen Faktor von Raumeinschätzungen liefert.



## 8. LITERATURVERZEICHNIS

- A**bbe, M. (1936). Der räumliche Effekt auf die Zeitauffassung. *Japanese Journal of Experimental Psychology*, 3, 152.
- Abbe, M. (1937). Der zeitliche Effekt auf die Raumauffassung. *Japanese Journal of Experimental Psychology*, 4, 83-93.
- Abe, S. (1935). Experimental study on the correlation between time and space. *Tohoku Psychologica Folia*, 3, 53-68.
- Adelson, E. H., & Bergen, J. R. (1991). The plenoptic function and the elements of early vision. In M. S. Landy & J. A. Movshon (Eds.), *Computational models of visual processing* (pp. 3-20). Cambridge, MA: MIT Press.
- Alais, D. & Burr, D. (2004). No direction-specific bimodal facilitation for audiovisual motion detection. *Cognitive Brain Research*, 19, 185-194.
- Albertazzi, L. (1999). The time of presentness. A charter in positivistic and descriptive psychology. *Axiomathes*, 10, 49-73.
- Albertazzi, L. (2001). Vittorio Benussi (1878-1927). In L. Albertazzi, D. Jacquette, & R. Poli (Eds.), *The school of Alexius Meinong* (pp. 99-133). Aldershot: Ashgate.
- Albrecht, D., & Gundlach, H. (Hrsg.). (1997). *Apparative Psychologie: Geschichtliche Entwicklung und gegenwärtige Bedeutung*. Lengerich: Pabst.
- Algom, D., & Cohen-Raz, L. (1984). Visual velocity input-output functions: The integration of distance and duration onto subjective velocity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 486-501.
- Algom, D., & Cohen-Ray, L. (1987). Sensory and cognitive factors in the processing of visual velocity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13, 3-13.
- Anderson, N. H. (1970). Averaging model applied to the size-weight illusion. *Perception and Psychophysics*, 8, 1-4.
- Anderson, N. H. (1974). Algebraic models in perception. In E. C. Carterette & M. P. Friedman (Eds.). *Handbook of perception* (Vol. 2). *Psychophysical judgment and measurement* (pp. 215-299). New York: Academic Press.
- Anderson, N. H. (1979). Algebraic rules in psychological measurement. *American Scientist*, 67, 555-563.
- Anderson, N. H. (1982). *Methods of Information Integration Theory*. New York: Academic Press.
- Anderson, N. H. (1983). Intuitive Physics: Understanding and learning of physical relations. In T. J. Thige & B. E. Shepp (Eds.). *Perception, cognition, and development. Interactional analyses* (pp. 231-265). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Anderson, N. H. (1996). *A functional theory of cognition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Anderson, N. H. (2008). *Unified social cognition*. New York: Psychology Press.
- Anderson, N. H. & Wilkening, F. (1991). Adaptive thinking in intuitive physics. In N. H. Anderson (Ed.), *Contributions to information integration theory* (pp. 1-42). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Anstis, S. M. (1970). Phi movement as a subtraction process. *Vision Research*, 10, 1411-1430.
- Antonelli, M. (1994). Die experimentelle Analyse des Bewusstseins bei Vittorio Benussi. Amsterdam: Rodopi.
- Antonelli, M. (Hrsg.). (2002a). *Vittorio Benussi. Psychologische Schriften, Band 1*. Amsterdam: Rodopi.
- Antonelli, M. (Hrsg.). (2002b). *Vittorio Benussi. Psychologische Schriften, Band 2*. Amsterdam: Rodopi.
- B**eck, D. M., & Lavie, N. (2005). Look here but ignore what you see: Effects of distractors at fixation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31, 592-607.
- Benussi, V. (1902). Über den Einfluss der Farbe auf die Grösse der Zöllnerschen Täuschung. *Zeitschrift für Psychologie*, 29, 264-351 & 385-433.
- Benussi, V. (1904). Zur Psychologie der Gestalterfassens. Die Müller-Lyer Figur. In A. Meinong, *Untersuchungen zur Gegenstandstheorie und Psychologie* (S. 303-448). Leipzig: Barth.
- Benussi, V. (1907). Zur experimentellen Analyse des Zeitvergleichs, Teil 1. Zeitgrösse und Betonungsgestalt. *Archiv für die gesamte Psychologie*, 9, 366-449.
- Benussi, V. (1908). Zur experimentellen Analyse des Zeitvergleichs, Teil 2. Erwartungszeit und subjektive Zeitgrösse. *Archiv für die gesamte Psychologie*, 13, 71-139.
- Benussi, V. (1909). Über ‚Aufmerksamkeitsrichtung‘ bei Raum- und Zeitvergleich. *Zeitschrift für Psychologie*, 51, 73-107.
- Benussi, V. (1912). Stroboskopische Scheinbewegungen und geometrisch-optische Gestalttäuschungen. *Archiv für die gesamte Psychologie*, 24, 31-62.
- Benussi, V. (1913). *Die Psychologie der Zeitauffassung*. Heidelberg: Winter.
- Benussi, V. (1916). Versuche zur Analyse taktil erweckter Scheinbewegungen (kinemato-haptischer Erscheinungen) nach ihrer äusseren Bedingung und ihren Beziehungen zu den parallelen optischen Phänomenen. *Archiv für die gesamte Psychologie*, 36, 59-135.
- Benussi, V. (1926). *Schede riassuntive delle opere di Benussi* (Scheda N° 56). Milano: Fondo Benussi.
- Berberian, B., Sarrazin, J.-C., & Giraudo, M.-D. (2007). Tau and Kappa effects: The case of space-like-extent frequencies. *Ecological Psychology*, 19, 215-238.

- Bertenthal, B. I., Longo, M. R., & Kenny, S. (2007). Phenomenal permanence and the development of predictive tracking in infancy. *Child Development*, 78, 350-363.
- Bett-Martin, C. (1998). *Entwicklung intuitiven Wissens zur Kombination von Geschwindigkeiten*. Aachen: Shaker.
- Bill, J. C., & Teft, L. W. (1969). Space-time relations: Effects of time on perceived visual extent. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 196-199.
- Bill, J. C., & Teft, L. W. (1972). Space-time relations: The effects of variations in stimulus and interstimulus interval duration on perceived visual extent. *Acta Psychologica*, 36, 358-369.
- Blouin, J., Labrousse, L., Simoneau, M., Vercher, J. L., & Gauthier, G. M. (1998). Updating visual space during passive and voluntary head-in-space movements. *Experimental Brain Research*, 122, 93-100.
- Bödeker, K. (2006). *Die Entwicklung intuitiven physikalischen Denkens im Kulturvergleich*. Münster: Waxmann.
- Boring, E. G. (1950). *A history of experimental psychology*. New York: Appleton-Century Crofts.
- Bozzi, P. (1958). Analisi fenomenologica del moto pendolare armonica [Phenomenological analysis of pendular harmonic motion]. *Rivista di Psicologia*, 52, 281-302.
- Brandt, H. F. (1940). Ocular patterns and their psychological implications. *American Journal of Psychology*, 53, 260-268.
- Brandt, H. F. (1941). Ocular patterns in visual learning. *American Journal of Psychology*, 54, 528-535.
- Bülthoff, H. H., & Ruppertsberg, A. I. (2003). Funktionale Prinzipien der Objekt- und Gesichtserkennung. In H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie*. Berlin: Springer.
- C**asasanto, D., & Boroditsky, L. (2008). Time in the mind: Using space to think about time. *Cognition*, 106, 579-593.
- Cataruzza, S. (1999). Philosophical theories and experimental design in Vittorio Benussi. *Axiomathes*, 10, 11-29.
- Cave, K. R., & Wolfe, J. (1990). Modelling the role of parallel processing in visual search. *Cognitive Psychology*, 22, 225-271.
- Chelazzi, L., Biscaldi, M., Corbetta, M., Tassinari, G., & Berlucchi, G. (1995). Oculomotor activity and visual spatial attention. *Behavioural Brain Research*, 71, 81-88.
- Clark, H. H. (1973). Space, time, semantics and the child. In T. Moore (Ed.), *Cognitive development and the acquisition of language* (pp. 27-63). New York: Academic Press.
- Clay, E. R. (1882). *An alternative: A study in psychology*. London: Macmillan Education Group.



- Clement, J. (1982). Students' perception in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50, 66-71.
- Clement, J. (1983). A conceptual model discussed by Galileo and used intuitively by physic students. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 325-339). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cohen, J., & Cooper, P. (1962). New phenomena in apparent duration, distance and speed. *Nature*, 196, 1233-1234.
- Cohen, J., Cooper, P., & Ono, A. (1963). The hare and the tortoise: A study of the Tau-effect in walking and running. *Acta Psychologica*, 21, 387-393.
- Cohen, J., Hansel, C. E. M., & Sylvester, J. D. (1953). A new phenomenon in time judgment. *Nature*, 172, 901.
- Cohen, J., Hansel, C. E. M., & Sylvester, J. D. (1954). Interdependence of temporal and auditory judgments. *Nature*, 174, 642-644.
- Cohen, J., Hansel, C. E. M., & Sylvester, J. D. (1955). Interdependence in judgments of space, time and movement. *Acta Psychologica*, 11, 360-372.
- Collyer, C. E. (1976). The induced asynchrony effect: Its role in visual judgments of temporal order and its relation to other dynamic perceptual phenomena. *Perception & Psychophysics*, 19, 47-54.
- Collyer, C. E. (1977). Discrimination of spatial and temporal intervals defined by three light flashes: Effects of spacing on temporal judgments and of timing on spatial judgments. *Perception & Psychophysics*, 21, 357-364.
- Cooper, L. A. (1975). Mental rotation of random two-dimensional shapes. *Cognitive Psychology*, 7, 20-43.
- Cooper, L. A., & Podgorny, P. (1976). Mental transformations and visual comparison processes: Effects of complexity and similarity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2, 503-514.
- Cooper, L. A., & Shepard, R. N. (1973). Chronometric studies of the rotation of mental images. In W. G. Chase (Ed.), *Visual information processing*. New York: Academic Press.
- Crowder, R. G., & Neath, I. (1994). The influence of pitch on time perception in short melodies. *Music Perception*, 12, 379-386
- D**ennett, D. (1991). Two contrasts: Folk craft versus folk science, and belief versus opinion. In J. D. Greenwood (Ed.), *The Future of Folk Psychology: Intentionality and Cognitive Science* (pp. 135-148). Cambridge: University Press.
- Deubel, H., & Schneider, W. X. (1996). Saccade target selection and object recognition: Evidence for a common attentional mechanism. *Vision Research*, 36, 1827-1837.

- Diringer, D., & Minns, E. (2008). *The alphabet: A key to the history of mankind*. Whitefish, MT: Kessinger.
- Dykstra, D. I., Boyle, C. F., & Monarch, I. A. (1992). Studying conceptual change in learning physics. *Science Education*, 76, 615-652.
- E**bbinghaus, H. (1908). *Abriss der Psychologie*. Leipzig: Veit. [Von Krosigk, E. (2007) (Hrsg.). *Hermann Ebbinghaus: Abriss der Psychologie*. Saarbrücken: VDM.]
- Edward, M., & Crane, M. (2005). Motion streaks improve motion detection. *Australian Journal of Psychology*, 58, 73-74.
- Enns, J. T., Brehaut, J. C., & Shore, D. I. (1999). The duration of a brief event in the mind's eye. *The Journal of General Psychology*, 126, 355-372.
- Evans, R. B. (2008). Haptics in the United States before 1940. In M. Grunwald (Ed.), *Human haptic perception. Basics and applications* (pp. 67-84). Heidelberg: Birkhäuser.
- F**echner, G. T. (1860). *Elemente der Psychophysik* [1. und 2. Teil]. Leipzig: Breitkopf und Härtel.
- Ferber, R. (1995). *Zenons Paradoxien der Bewegung und die Struktur von Raum und Zeit*. Stuttgart: Steiner.
- Fieberg, E. (1998). *Das intuitive Wissen über Bewegungsgesetze. Entwicklungspsychologische Untersuchungen zum intuitiven Wissen im Handeln, Wahrnehmen und Urteilen*. Münster: Waxmann.
- Formann, W. (1966). *Österreichische Pioniere der Kinematographie*. Wien: Bergland.
- Found, A., & Müller, H. J. (1996). Searching for unknown feature targets on more than one dimension: Investigating a „dimension-weighting“ account. *Perception & Psychophysics*, 58, 88-101.
- Fouquereau, E., Fernandez, A., Mullet, E., & Sorum, P. C. (2003). Stress and the urge to drink. *Addictive Behaviours*, 28, 669-685.
- Freeman, T. C. A. (2001) Transducer models of head-centred motion perception. *Vision Research*, 41, 2741-2755.
- Freeman, T. C. A., & Sumnall, J. H. (2002). Motion versus position in the perception of head-centred movement. *Perception*, 31, 603-615.
- Freyd, J. J., & Finke, R. A. (1984). Representational momentum. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10, 126-132.
- Frick, A., Huber, S., Reips, U.-D., & Krist, H. (2005). Task-specific knowledge of the law of pendulum motion in children and adults. *Swiss Journal of Psychology*, 64, 103-114.
- Friedman, W. (1990). *About Time: Inventing the fourth Dimension*. Cambridge: MIT Press.

- Frishman, L. J. (2001). Basic visual processes. In E. B. Goldstein (Ed.), *Blackwell handbook of perception* (pp. 53-91). Oxford: Blackwell.
- Fritzsche, H., Hacker, J., Hopf, H., Peter, K., Schwoerer, M., & Donner, W. (Hrsg.). (2005). *Materie in Raum und Zeit*. Stuttgart: Hirzel.
- Fröhlich, F. W. (1923). Über die Messung der Empfindungszeit. *Zeitschrift für Sinnesphysiologie*, 54, 58-78.
- G**amelin, A. Muñoz Sastre, M. T., Sorum, P. C., & Mullet, E. (2006). Eliciting utilities using functional methodology: People's disutilities for the adverse outcomes of cardiopulmonary resuscitation. *Quality of Life Research*, 15, 429-439.
- Garner, W. E. (1974). *The processing of information and structure*. Potomach, MD: Erlbaum.
- Gelb, A. (1914). Versuche auf dem Gebiet der Zeit- und Raumanschauung. In G. E. Müller (Hrsg.), *Berichte über den VI. Kongress für experimentelle Psychologie in Göttingen* (S. 36-42). Göttingen: Hogrefe.
- Geldard, F. A. (1972). *The human senses*. New York: Wiley.
- Gescheider, G. A. (1997). *Psychophysics: The fundamentals*. London: Birnbaum.
- Gibson, E. (1969). *Principals of perceptual learning and development*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Gibson, J. J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Glass, L. (1969). Moire-effect from random dots. *Nature*, 223, 578-580.
- Glicksohn, J., & Myslobodsky, M. S. (2006). *Timing the future. The case for a time-based prospective memory*. New Jersey: World Scientific.
- Goldstein, E. B. (2007). *Sensation and Perception* (7th Ed.). Belmont, CA: Thomson Wadsworth.
- Gosztonyi, A. (1976). *Der Raum. Geschichte seiner Probleme in Philosophie und Wissenschaft* (Band 1). Freiburg und München: Alber.
- Gresty, M. A. (1974). Coordination of head and eye movements to fixate continuous and intermittent targets. *Vision Research*, 14, 395-403.
- Guilford, J. P. (1954). *Psychometric Methods*. New York: McGraw-Hill.
- Guitton, D., & Volle, M. (1987). Gaze control in humans: Eye-Head coordination during orienting movements to targets within and beyond oculomotor range. *Journal of Neuropsychology*, 3, 427-459.

- Halloun, I., & Hestenes, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53, 1043-1055.
- Hayes, P. J., (1979) The naive physics manifesto. In D. Michie (Ed.), *Expert systems in the microelectronic age* (pp. 242-279). Edinburgh: University Press.
- Hayes, P. J. (1985). The second naive physics manifesto. In J. R. Hobbs & R. C. Moore (Eds.), *Formal theories of the common-sense world* (pp. 1-36). Norwood: Ablex.
- Hazelhoff, F. F., & Wiersma, H. (1924). Die Wahrnehmungszeit. *Zeitschrift für Psychologie*, 96, 171-188.
- Hecht, H., & Bertamini, M. (2000). Understanding projectile acceleration. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 730-746.
- Hellström, A. (1985). The Time-Order-Error and its relatives: Mirrors of cognitive processes in comparing. *Psychological Bulletin*, 97, 35-61.
- Helson, H. (1930). The Tau-Effekt. An example of psychological relativity. *Science*, 71, 536-537.
- Helson, H., & King, S. M. (1931). The Tau-Effekt. An example of psychological relativity. *Journal of Experimental Psychology*, 14, 202-217.
- Henker, S. (2005). *Entwurf und Modellierung von Multikanal-CMOS-Farbsensoren*. Nicht veröffentlichte Dissertation, Technische Universität Dresden, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik.
- Henry, M. J., & McAuley, J. D. (2009). Evaluation of an imputed pitch velocity model of the auditory Kappa Effekt. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2, 551-564.
- Hermand, D., Mullet, E., & Lavieville, S. (1997). Perception of the combined effects of smoking and alcohol on cancer risks in never smokers and heavy smokers. *Journal of Health Psychology*, 2, 481-491.
- Herter, T. M., & Guitton, D. (1998). Human head-free gaze saccades to targets flashed before gaze pursuit are spatially accurate. *Journal of Neurophysiology*, 80, 2785-2789.
- Hirsig, R. (2000a). *Statistischen Methoden in den Sozialwissenschaften. Eine Einführung im Hinblick auf computergestützte Datenanalysen mit SPSS für Windows. Band I*. Zürich: Seismo.
- Hirsig, R. (2000b). *Statistischen Methoden in den Sozialwissenschaften. Eine Einführung im Hinblick auf computergestützte Datenanalysen mit SPSS für Windows. Band II*. Zürich: Seismo.
- Hoffman, J. E., & Subramaniam, B. (1995). The role of visual attention in saccadic eye movements. *Perception & Psychophysics*, 57, 787-795.
- Horowitz, T. S., Fine, E. M., Fenesik, D. E., Yurgenson, S., & Wolfe, J. M. (2007). Fixational eye movements are not an index of covert attention. *Psychological Science*, 18, 356-363.

- Houben, M. M. J., Kohlrausch, A., & Hermes, D. J. (2004). Perception of the size and speed of rolling balls by sound. *Speech Communication*, 43, 331-345.
- Howard, I. P. (1982). *Human visual orientation*. New York: Wiley.
- Howe, J. A. M. (1963). *The role of eye movements in visual perception and recognition*. Unveröffentlichte Dissertation, Cambridge University, Cambridge.
- Huang, Y. L., & Jones, B. (1981). Experiments on the Tau- and Kappa-effects. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 18, 79.
- Huang, Y. L., & Jones, B. (1982). On the interdependence of temporal and spatial judgments. *Perception & Psychophysics*, 32, 7-14.
- Hubbard, T. L., & Bharucha, J. J. (1988). Judged displacement in apparent vertical and horizontal motion. *Perception and Psychophysics*, 44, 211-221.
- Hubel, D. H., & Wiesel, T. N. (1961). Integrative action in the cat's lateral geniculate body. *Journal of Physiology*, 155, 385-398.
- Huber, S., Krist, H., & Wilkening, F. (2003). Judgment and action knowledge in speed adjustment tasks: Experiments in a virtual environment. *Developmental Science*, 6, 197-210.
- Humphrey, K., Tees, R. C., & Werker, J. (1979). Auditory-visual integration of temporal relations in infants. *Canadian Journal of Psychology*, 33, 347-352.
- Huysmans, M., A., De Looze, M. P. Hoozemans, M. J. M., Van Der Beek, A. J., & Van Dieën, J. H. (2006). The effect of joystick handle size and gain at two levels of required precision on performance and physical load on crane operators. *Ergonomics*, 49, 1021-1035.
- J**ames, W. (1890). *The principles of Psychology*. New York: Holt & Macmillan.
- Jongsma, M. L. A., Meeuwissen, E., Vos, P. G., & Maes, R. (2007). Rhythm perception: Speeding up or slowing down affects different subcomponent of the ERP P3 complex. *Biological Psychology*, 75, 219-228.
- Jones, B., & Huang, Y. L. (1982). Space-Time dependencies in psychophysical judgment of extent and duration: Algebraic models of the Tau and Kappa effects. *Psychological Bulletin*, 91, 128-142.
- Julesz, B. (1984). A brief outline of the texton theory of human vision. *Trends in Neuroscience*, 7, 41-45.
- Julesz, B., & Bergen, J. R. (1983). Textons, the fundamental elements in preattentive vision and perceptions of textures. *Bell Systems Technical Journal*, 62, 1619-1646.

- Kaiser, H., & Nöbauer, W. (2002). *Geschichte der Mathematik*. München: Oldenburg.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessel, T. M. (2000). *Principles of neural science*. New York: McGraw-Hill.
- Kawabe, T., Miura, K., & Yamada, Y. (2008). Audiovisual Tau effect. *Acta Psychologica*, 128, 249-254.
- Kean, M., & Lambert, A. (2003). Orienting of visual attention based on peripheral information. In J. Hyönä, R. Radach, & H. Deubel (Eds.), *The mind's eye: Cognitive and applied aspects of eye movement research* (pp. 27-48). Amsterdam: North-Holland.
- Kim, I.-K., & Spelke, E. S. (1983). Perception and understanding of effects of gravity and inertia on object motion. *Developmental Science*, 2, 339-362.
- Kirschfeld, K., & Kammer, T. (1999). The Froehlich effect: A consequence of the interaction of visual focal attention and metacontrast. *Vision Research*, 39, 3702-3709.
- Koffka, K. (1935). *Principles of Gestalt psychology*. New York: Harcourt, Brace, & World.
- Kornwachs, K. (2001). *Zeit der Logik – Logik der Zeit. Eine Einführung in die Zeitphilosophie*. München: LIT.
- Kowler, E., Anderson, E., Doshier, B., & Blaser, E. (1995). The role of attention in the programming of saccades. *Vision Research*, 35, 1897-1916.
- Krekelberg, B., Vatakis, A., & Kourtzi, Z. (2005). Implied motion from form in the human visual cortex. *Journal of Neurophysiology*, 94, 4373-4386.
- Krist, H. (2004). Intuitive Physik. In H. O. Häcker & K. H. Stapf (Hrsg.), *Dorsch. Psychologisches Wörterbuch* (S. 460). Bern: Huber.
- Krist, H., Fieberg, E. L., & Wilkening, F. (1993). Intuitive physics in action and judgment: The development of knowledge about projectile motion. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 952-966.
- Krist, H., Loskill, J., & Schwarz, S. (1996). Intuitive Physik in der Handlung: Perzeptiv-motorisches Wissen über Flugbahnen bei 5- bis 7-jährigen Kindern. *Zeitschrift für Psychologie*, 204, 339-366.
- Krueger, F. (1926). *Zur Einführung – Über psychische Ganzheiten. Neue Psychologische Studien*, 1, 5-122.
- Kuiper, J. (1994). Student ideas of science concepts: Alternative frameworks? *International Journal of Science Education*, 16, 279-292.
- Kun, A., Parsons, J., & Ruble, D. (1974). Development of integration processes using ability and effort information to predict outcome. *Developmental Psychology*, 10, 721-732.

- Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). Conceptual methaphor in everyday language. *The Journal of Philosophy*, 77, 453-486.
- Land, M. F. (2004). The coordination of rotations of the eyes, head and trunk in saccadic turns produced in natural situations. *Experimental Brain Research*, 159, 151-160.
- Lappin, J. S., Bell, H. H., Harm, O. H., & Kottas, B. (1975). On the relations between time and space in the visual discrimination of velocity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 1, 383-394.
- Larson, G. E. (1996). Mental rotation of static and dynamic figures. *Perception & Psychophysics*, 58, 153-159.
- Latimer, C., Stevens, C., Irish, M., & Webber, L. (2000). Attentional biases in geometric form perception. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 53A, 763-791.
- Laursen, B., Jensen, B. R., & Ratkevicius, A. (2001). Performance and muscle activity during computer mouse tasks in young and elderly adults. *European Journal of Applied Physiology*, 84, 329-336.
- Lawson, K. R. (1980). Spatial and temporal congruity and auditory-visual integration in infants. *Developmental Psychology*, 16, 185-192.
- Lechelt, E. C., & Borchert, R. (1977). The interdependence of time and space in somesthesia: The Tau effect re-examined. *Bulletin of Psychonomic Society*, 10, 191-193.
- Leon, M. (1982). Rules in children's moral judgments: Integration of intent, damage, and rationale information. *Developmental Psychology*, 18, 835-842.
- Leon, M. (1984). Rules mothers and sons use to integrate intent and damage information in their moral judgments. *Child Development*, 55, 2106-2113.
- Levy-Schoen, A. (1973). Position of stimuli within a pattern as determinants of the fixation response. In V. Zikmund (Ed.), *The oculomotor system and brain functions: Proceedings of the International Colloquium, Smolenice, 19-22 October 1970* (pp. 243-255). London: Butterworths.
- Lombardo, G. P., & Foschi, R. (1997). *La psicologia italiana e il Novecento: Le prospettive emergenti nella prima metà del secolo*. Milano: Francoangeli.
- López-Moliner, J., & Soto-Faraco, S. (2007). Vision affects how fast we hear sounds move. *Journal of Vision*, 7, 1-7.
- M**ackenzie, N. (2007). The kappa effect in pitch / time context. *Dissertation Abstracts International*, 68, 132.
- Manahilov, V., Calvert, J., & Simpson, W. A. (2003). Temporal properties of the visual responses to luminance and contrast modulated noise. *Vision Research*, 43, 1855-1887.
- Marasso. P, Bizzi. E, Dichgans. J. (1973). Adjustment of saccade characteristics during head movements. *Experimental Brain Research*, 16, 492-500.

- Marks, L. E. (1974b). *Sensory processes: The new psychophysics*. New York: Academic Press.
- Mashour, M. (1964). *Psychophysical relations in the perception of velocity*. Stockholm: Ahmqvist & Wiksell.
- Masin, S. C. (2003). On the determinants of surface brightness. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10, 220-223.
- Maunsell, J. H. R., & Van Essen, D. C. (1983). Functional properties of neurons in the middle temporal visual area of the macaque monkey: Selectivity for stimulus direction, speed and orientation. *Journal of Neurophysiology*, 49, 1127-1147.
- McCloskey, M. (1983a). Intuitive Physics. *Scientific American*, 248, 122-130.
- McCloskey, M. (1983b). Naive theories of motion. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 299-324). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- McConkie, G., & Rayner, K. (1975). The span of an effective stimulus during a fixation in reading. *Perception & Psychophysics*, 17, 578-586.
- Metzinger, T. (2006). *Grundkurs Philosophie des Geistes. Band 1: Phänomenales Bewusstsein*. Paderborn: Mentis.
- Mishkin, M., & Forgays, D. G. (1952). Word recognition as a function of retinal locus. *Journal of Experimental Psychology*, 43, 43-48.
- Montada, L. (1998). Die geistige Entwicklung aus der Sicht Jean Piagets. In R. Oerter & L. Montada (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie* (S. 518-560). Weinheim: Beltz.
- Morrongiello, B. A., Fenwick, K. D., & Nutley, T. (1998). Developmental changes in associations between auditory-visual events. *Infant Behaviour & Development*, 21, 613-626.
- Morrongiello, B. A., Fenwick, K. D., & Chance, G. (1998). Crossmodal learning in newborn Infants: Inferences about properties of auditory-visual events. *Infant Behaviour & Development*, 21, 543-554.
- Müller, H. J., Heller, D., & Ziegler, J. (1995). Visual search for singleton feature targets within and across feature dimensions. *Perception & Psychophysics*, 57, 1-17.
- Muñoz Sastre, M. T., Mullet, E., Sorum, P. C. (1999). Relationship between cigarette dose and perceived risk of lung cancer. *Preventive Medicine*, 28, 566-571.
- N**eisser, U. (1966). *Cognitive psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts/Meredith Publishing Company.
- Noguchi, K., Kitaoka, A., & Takashima, M. (2008). Gestalt-oriented perceptual research in Japan: Past and Present. *Gestalt Theory*, 30, 11-28.
- Nothdurft, H. C. (1941). Different effects from spatial frequency masking in texture segregation and texton detection tasks. *Vision Research*, 31, 299-320.



- O**htsuka, K. (1994). Properties of memory-guided saccades toward targets flashed during smooth pursuit in human subjects. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 35, 509-514.
- Ono, A. (1976). A study of the literature on the interrelations between subjective time, distance and speed. *Tohoku Psychologica Folia*, 35, 1-11.
- Orban, G. A., DeWolf, J., & Maes, H. (1984). Factors influencing velocity coding in the human visual system. *Vision Research*, 24, 33-39.
- Orban, G. A., Kennedy, H., & Maes, H. (1981). Response to movement of neurons in areas 17 and 18 of the cat: Velocity sensitivity. *Journal of Neurophysiology*, 45, 1043-1058.
- Oyama, T., Torii, S., & Mochizuki, T. (2005). Pioneering studies in the 1930s on perception: An historical background of experimental psychology in Japan. *Japanese Psychological Research*, 47, 73-87.
- P**almer, S. E., Rosch, E., & Chase, P. (1981). Canonical perspectives and the perception of objects. In J. Long & A. Baddeley (Eds.), *Attention and Performance*, IX (pp. 135-151). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Parks, T. E. (1968). The spatial separation of two light-flashes and their perceived separation in time. *American Journal of Psychology*, 81, 8192-8198.
- Parks, N. A., & Corballis, P. M. (2006). Attending to depth: electrophysiological evidence for a viewer-centered asymmetry. *Neuroreport*, 17, 643-647.
- Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children*. New York: International Universities Press.
- Piaget, J. (1954). *The construction of reality in the child*. New York: Basic Books.
- Piaget, J. (1977). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1955). *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*. Paris: PUF.
- Pittenger, J. B. (1985). Estimation of pendulum length from information in motion. *Perception*, 14, 247-256.
- Pöppel, E. (1993). *Lust und Schmerz. Über den Ursprung der Welt im Gehirn*. Berlin: Siedler.
- Pöppel, E. (1994). Temporal mechanisms in perception. *International Review of Neurobiology*, 37, 185-202.
- Pöppel, E. (1997). A hierarchical model of temporal perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 1, 56-61.

- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Posner, M. I., Nissen, M. J., & Ogden, W. C. (1975). Attending to a position in space. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 6, 420.
- Posner, M. I., Snyder, C. R. R., & Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology*, 109, 160-174.
- Price-Williams, D. R. (1954). The Kappa-effect. *Nature*, 173, 363-364.
- Proffitt, D., & Gilden, D. (1989). Understanding Natural Dynamics. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performances*, 15, 384-393.

- R**ayner, K., & Pollatsek, A. (1987). Eye movements in reading: A tutorial review. In M. Coltheart (Ed.), *Attention and performance XII: The psychology of reading* (pp. 327-362). Hove, UK: Erlbaum.
- Riggs, L. A., Ratliff, F., Cornsweet, J. C., & Cornsweet, T. N. (1953). The disappearance of steadily fixated visual test objects. *Journal of the Optical Society of America*, 43, 495-501.
- Robertson, S. S., Bacher, L. F., & Huntington, N. L. (2001). The integration of body movement and attention in young infants. *Psychological Science*, 12, 523-526.
- Robertson, S. S., Johnson, S. L., Masnick, A. M., & Weiss, S. L. (2007). Robust coupling of body movement and gaze in infants. *Developmental Psychobiology*, 49, 208-215.
- Ross, J., Badcock, D. R., & Hayes, A. (2000). Coherent global motion in the absence of coherent motion signals. *Current Biology*, 10, 679-682.
- Russo, G., & Dellantonio, A. (1989). Influence of phenomenal time on perceived space. *Perceptual and Motor Skills*, 68, S. 971-984.

- S**ander, F. (1932). Funktionale Struktur, Erlebnisganzheit und Gestalt. *Archiv für die gesamte Psychologie*, 85, 237-260.
- Sarrazin, J.-C., Giraudo, M.-D., Pailhous, J., & Bootsma, R. J. (2004). Dynamics of balancing space and time in memory: Tau and Kappa effects revisited. *Journal of Experimental Psychology*, 30, 411-430.
- Sarrazin, J.-C., Giraudo, M.-D., & Pittenger, J. B. (2007). Tau and Kappa effects in physical space: The case of audition. *Psychological Research*, 71, 201-218.
- Sarrazin, J.-C., Giraudo, M.-D., Vercher, J.-L. (2008). Coupling kinematics of memory and kinematics of movement: The conditions for a psychological relativity. *Human Movement Science*, 27, 532-550.

- Sarrazin, J.-C., Tonnelier, A., & Alexandre, F. (2005). A model of contextual effect on reproduced extents in recall tasks: The issue of the imputed motion hypothesis. *Biological Cybernetics*, 92, 303-315.
- Schliemann, A. D., Carraher, D. W., & Ceci, S. J. (1997). Everyday cognition. In J. W. Berry, P. R. Dasen, & T. S. Saraswathi (Eds.), *Handbook of cross-cultural psychology, Vol. 2: Basic process and human development* (pp. 177-216). Needham Heights: Allyn & Bacon.
- Scholtz, W. (1924). Experimentelle Untersuchungen über die phänomenale Größe von Raumstrecken, die durch Sukzessiv-Darbietung zweier Reize begrenzt werden. *Psychologische Forschung*, 5, 219-272.
- Schone, H. (1984). *Spatial orientation*. Princeton, NJ: University Press.
- Schramm, M. (1962). *Die Bedeutung der Bewegungslehre des Aristoteles für seine beiden Lösungen der zenonischen Paradoxie*. Frankfurt am Main: Klostermann.
- Schröger, E., Kaernbach, C., & Schönwiesner, M. (2008). Auditive Wahrnehmung und multisensorische Verarbeitung. In J. Müsseler (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie*. Berlin: Spektrum.
- Schweizer, W. (2007). *MatLab kompakt*. München: Oldenburg.
- Shannon, B. (1976). Aristotelianism, Newtonianism, and the physics of the layman. *Perception*, 5, 241-243.
- Shepard, R. N. (1984). Ecological constraints on internal representation: Resonant kinematics of perceiving, imagining, thinking, and dreaming. *Psychological Review*, 91, 417-447.
- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171, 701-703.
- Shepp, B. E. (1978). From perceived similarity to dimensional structure: A new hypothesis about perceptual development. In E. Rosch & B. B. Lloyd (Eds.), *Cognition and Categorization* (pp. 135-167). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Shiffrar, M. (2001). Movement and event perception. In E. B. Goldstein (Ed.), *Blackwell handbook of perception*. Oxford: Blackwell.
- Shigeno, S. (1993). The interdependence of pitch and temporal judgments in absolute pitch possessors. *Perception & Psychophysics*, 54, 682-692.
- Siegler, R. S. (1976). Three aspects of cognitive development. *Cognitive Psychology*, 8, 481-520.
- Siegler, R. S. (1996). *Emerging minds: The process of change in children's thinking*. New York: University Press.
- Sinico, M. (1999). Benussi and the history of temporal displacement. *Axiomathes*, 10, 75-93.

- Souman, J. L., & Freeman, T. C. A. (2008). Motion perception during sinusoidal smooth pursuit eye movements. *Journal of Vision*, 8, 1-14.
- Spelke, E. S. (1984). The development of intermodal perception. In L. B. Cohen & P. Salapatek (Eds.), *Handbook of infant perception*. New York: Academic Press.
- Spillane, C., Turcotte, T., & Pufall, P. B. (1991). Predicting pendulum length from motion: A developmental study. In P. J. Beek, R. J. Bootsma, & P. C. W. van Wieringen (Eds.), *Studies in perception and action*. Posters presented at the VIth International Conference on Event Perception and Action. Amsterdam: Radopi.
- Stein, U. (2007). *Einstieg in das Programmieren mit MatLab*. München: Hanser.
- Stern, W. (1897). Über psychische Präsenzzeit. *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane*, 13, 325-349.
- Stevens, S. S. (1975), *Psychophysics: Introduction to its perceptual, neural and social prospects*. New York: Wiley.
- Stevens, S. S., & Galanter, E. H. (1957). Ratio scales and category scales for a dozen perceptual continua. *Journal of Experimental Psychology*, 54, 377-411.
- Stock, M., & Stock, W. G. (1990). *Psychologie und Philosophie der Grazer Schule*. Amsterdam: Rodopi.
- Sudo, Y. (1941). On the effect of phenomenal distance upon time estimation [Text in Japanischer Sprache mit englischsprachiger Zusammenfassung]. *Japanese Journal of Psychology*, 16, 95-115.
- Surber, C. F. (1984). Issues in using quantitative rating scales in developmental research. *Psychological Bulletin*, 95, 226-246.
- Suto, Y. (1952). The effect of space on time estimation (S-effect) in tactual space I [Text in Japanischer Sprache mit englischsprachiger Zusammenfassung]. *Japanese Journal of Psychology*, 22, 45-57.
- Suto, Y. (1955). The effect of space on time estimation (S-effect) in tactual space II: The role of vision in the S-effect upon the skin [Text in Japanischer Sprache mit englischsprachiger Zusammenfassung]. *Japanese Journal of Psychology*, 26, 94-99.
- T**arr, M. J., & Bülhoff, H. H. (Eds.) (1999). *Object recognition in man, monkey, and machine. Cognition Special Issue*. Cambridge: MIT Press.
- Taylor, S., & Badcock, D. (1988). Processing feature density in preattentive perception. *Perception & Psychophysics*, 44, 551-562,
- Treisman, A. (1988). Features and objects. The 14<sup>th</sup> Bartlett memorial lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A, 201-237.
- Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.

Treisman, A., & Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries. *Psychological Review*, 45, 15-98.

**V**an Acker, F., Theuns, P., Hofmans, J., & Mairesse, O. (2007). Test of the effect of scale labels on response linearity. *Teorie & Modelli*, 12, 269-276.

Vaziri-Pashkam, M., & Cavanagh, P. (2008). Apparent speed increases at low luminance. *Journal of Vision*, 8, 1-12.

Von Hofsten, C., Kochukhova, O., & Rosander, K. (2007). Predictive tracking over occlusions by 4-month-old infants. *Developmental Science*, 10, 625-640.

Von Holst, E. (1954). Relations between the central nervous system and the peripheral organs. *British Journal of Animal Behaviour*, 2, 89-94.

Von Holst, E., & Mittelstaed, H. (1959). Das Reafferenzprinzip. *Die Naturwissenschaften*, 37, 464-476.

**W**ade, N. J., & Heller, D. (1997). Scopes of perception: The experimental manipulation of space and time. *Psychological Research*, 60, 227-237.

Walker-Andrews, A. S., & Lennon, E. M. (1985). Auditory-visual perception of changing distance by human infants. *Child Development*, 56, 544-548.

Watson, A. B. (1986). Temporal sensitivity. In K. R. Boff, L. Kaufman, & J. P. Thomas (Eds.), *Handbook of perception and human performance I: Sensory processes and perception* (pp. 6.1-6.41). New York: Wiley

Weber, E. H. (1846). Der Tastsinn und das Gemeingefühl. In R. Wagner (Hrsg.), *Handwörterbuch der Physiologie* (Vol. 3, S. 481-588). Braunschweig: Vieweg.

Weiss, D. J. (2006). *Analysis of variance and Functional Measurement. A practical guide*. Oxford: University Press.

Wertheimer, M. (1912). Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung. *Zeitschrift für Psychologie*, 61, 161-265.

Wieland, B. A. (1960). The interaction of space and time in cutaneous perception. *American Journal of Psychology*, 73, 248-255.

Wilkening, F. (1979). Combining of stimulus dimensions in children's and adults' judgments of area: An information integration analysis. *Developmental Psychology*, 15, 25-33.

Wilkening, F. (1981). Integrating velocity, time, and distance information: A developmental study. *Cognitive Psychology*, 13, 231-247.

Wilkening, F. (1989). Adaptives Denken von Kindern: Neue Aufgaben in der kognitiven Entwicklung. In W. Schönplflug (Hrsg.), *Bericht über den 36. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie, Berlin 1988*. Göttingen: Hogrefe.

- Wilkening, F. (2007). Demythifying three orthodox views of cognitive development via functional measurement. *Teorie e Modelli*, 1, 41-52.
- Wilkening, F., & Anderson, N. H. (1982). Comparison of two rule-assessment methodologies for studying cognitive development and knowledge structure. *Psychological Bulletin*, 92, 215-237.
- Wilkening, F., & Huber, S. (2002). Children's intuitive physics. In U. Goswami (Ed.), *Blackwell Handbook of child cognitive development* (pp. 349-379). Oxford: Blackwell.
- Wilkening, F., & Lange, K. (1989). When is children's perception holistic? Goals and styles in processing multidimensional stimuli. In T. Globerson & T. Zelniker (Eds.), *Cognitive development and cognitive style* (pp. 141-171). Norwood, NJ: Ablex.
- Williams, A., Davies, H., & Chaudry, Y. (2000). Simple pain ratings can hide complex idiosyncratic meanings. *Pain*, 85, 457-463.
- Wolfe, J. (1994). Guided search 2.0. A revised model of visual search. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1, 202-238.
- Wolff, M. (1978). *Geschichte der Impetustheorie. Untersuchungen zum Ursprung der klassischen Mechanik*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Wuerger, S. M., Hofbauer, M., & Meyer, G. F. (2003). The integration of auditory and visual motion signals at threshold. *Perception & Psychophysics*, 65, 1188-1196.
- Y**oblick, H. A., & Salvendy, G. (1970). Influence of frequency on the estimation of time for auditory, visual, and tactile modalities: The Kappa Effect. *Journal of Experimental Psychology*, 86, 157-164.
- Yuki, K. (1965). Experimental psychology. In A. H. Livermore (Ed.), *Science in Japan*. (pp. 335-373). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- Z**ivotofsky, A. Z., Rottach, K. G., Averbuch-Heller, L., Kori, A. A., Thomas, C. W., Dell'Osso, L. F., & Leigh, R. J. (1996). Saccades to remembered targets: The effects of smooth pursuit and illusory stimulus motion. *Journal of Neurophysiology*, 76, 3617-3632.

## **Danksagung**

Jean Piaget hat Wissen nicht als Zustand, sondern als Prozess definiert. Für mich gilt dies auch für die Promotionszeit, die ich als sehr lehrreich und inspirierend erleben durfte. Es erfüllt mich mit Glück, dass ich diese Chance wahrnehmen durfte, auch wenn die arbeitsreichen Tage und schlaflosen Nächte noch immer nachhallen. Der alleinstehende Autorenname auf der Titelseite ist aber trügerisch, denn an diesem Prozess haben viele Menschen mitgewirkt, denen mein herzlicher Dank gebührt.

In besonderem Masse möchte ich Herrn Prof. Dr. F. Wilkening danken, der mir die nötigen Ressourcen und ein ideales Arbeitsumfeld zur Verfügung gestellt hat. Ohne seine Förderung hätte ich diese Arbeit nicht so effizient voranbringen können. Auch möchte ich Prof. Dr. M. Martin für seine Bereitschaft danken, als Zweitgutachter zu wirken.

Ich bedanke mich auch bei den unzähligen Versuchspersonen, insbesondere bei den Kinder, für ihre Kooperation. Ebenso gebührt mein Dank den Lehrkräften, die ihre Schulklassen für die Erhebungen zur Verfügung gestellt haben. Und nicht zuletzt bedanke ich mich bei allen Studierenden, die mich bei der Datenerhebung unterstützt haben.

Ganz herzlich möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die stets an mich geglaubt haben und mir die Mittel geschenkt haben, um überhaupt ein Studium vorantreiben zu können. Leider wird es mir nicht möglich sein, mich jemals im gleichen Masse zu revanchieren – meine grosse Dankbarkeit währt aber ewig.

Mein persönlichster Dank geht an meine Ehefrau Bianca, die es vermochte auch die schwersten Momente mit Sonnenschein zu durchfluten. Ohne sie hätten die zwei Jahre der Dissertationszeit eine viel geringere Bedeutung! Ich werde nie vergessen wie alles begann und freue mich auf alles was kommen wird...